

Diplomarbeit

Titel der Diplomarbeit

Analyse der Auswirkungen von Trainingsbelastungen auf metabolische Funktionszustände anhand des OmegaWave Sport Technology® Systems

Verfasser

Claus Bader

angestrebter akademischer Grad

Magister der Naturwissenschaften (Mag.rer.nat.)

Wien, im November 2008

Studienkennzahl lt. Studienblatt:	A 481 / 295
Studienrichtung lt. Studienblatt:	Sportwissenschaften
Betreuer:	Ao. Univ.-Prof. Dr. Ramon Baron

DANKSAGUNG

An dieser Stelle möchte ich mich recht herzlich bei Univ.-Prof. Dr. Ramon Baron für seine wertvollen Anregungen und fachliche Unterstützung bei der Betreuung meiner Diplomarbeit bedanken. Er hat mich auf seine eigene Art immer angetrieben das Studium im Allgemeinen und die Diplomarbeit im Besonderen fortzuführen und abzuschließen. Der gezeigten Beharrlichkeit zolle ich Wertschätzung und für die oft strapazierte Geduld danke ich ihm.
Zusätzlich möchte ich auch seinen Mitarbeitern meine Dankbarkeit aussprechen, die über viele Jahre hinweg immer sehr verständnisvoll und hilfsbereit gegenüber meinen universitären Anliegen waren.

Ein großer Dank geht auch an die Athleten und deren Trainer für die überaus kooperative und engagierte Zusammenarbeit bei der Datenerhebung und -protokollierung. Ich wünsche dem gesamten Team weiterhin viel Erfolg für ihre Zukunft.

Meinen Eltern möchte ich in besonderer Weise danken, dass sie mich immer ermutigt haben meinen Ausbildungsweg weiterzugehen, sie mir dafür ihr Verständnis und ihr Vertrauen entgegengebracht und mich dahingehend in jeglicher Hinsicht unterstützt haben.

Inniger Dank gebührt meinen beiden Kindern Jan und Selina, die mir durch ihr Dasein ständig neue Kraft verleihen, all meine Vorhaben mit der nötigen Energie zu verfolgen.

Im Besonderen möchte ich meine Frau Helga erwähnen, die unabdinglich an meine Fähigkeiten glaubt und durch ihr aufopferndes Engagement in der Familie die Möglichkeiten schafft, diese auch umzusetzen. Helga, ich danke dir von ganzem Herzen!

Viele wertgeschätzte Freunde in meinem Umfeld, helfende Kollegen im Berufsleben und betreute Sportler aus diversen Sportarten werden dem Gebot des Platzsparens gehorchend nicht namentlich angeführt. Ich bedanke mich bei allen von ihnen recht herzlich.

Den genannten Personen und den ungenannten Freunden sei diese erste Seite gewidmet.

Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung

Die Entwicklung des Trainings zielt heute vor allem darauf ab, die „natürliche“ Leistungsfähigkeit der Athleten[1] zu steigern. Durch immer genauere Kenntnisse der biologischen Gesetzmäßigkeiten, durch die Ausdifferenzierung und Professionalität des Sports sowie dem Druck, immer bessere Leistungen erzielen zu müssen, um dem internationalen Standard zu genügen, ist der (Hoch-) Leistungssport zu einem weltweit organisierten Experimentierfeld geworden. „Schneller-Höher-Weiter“ im klassischen Sinn oder einfach „Besser“ im Verständnis aller sportlichen Leistungen im direkten Vergleich beim sportlichen Wettkampf, gilt es zu erreichen.

Die sportliche Leistung setzt sich zwar aus einer Vielzahl von einzelnen „Fähigkeiten“ (Kondition und Technik einerseits sowie psychische und sensorisch-kognitive Fähigkeiten andererseits) und „Bedingungen“ (Rahmenbedingungen und äußere Bedingungen) zusammen, die als komplexe Struktur auf keine dieser Komponenten verzichten kann, wobei diese allerdings von Sportart zu Sportart unterschiedlich gewichtet sind (vgl. Joch & Ückert, 1999, S. 40). Somit ergibt sich für jede sportliche Leistung eine gewisse Struktur, die es zu erkennen gilt, um entsprechend die sportliche Leistung systematisch zu entwickeln. Vor allem in Sportarten, die sehr stark von den energetischen Fähigkeiten, wie Ausdauer, Kraft und zum Teil auch Schnelligkeit geprägt sind, versuchen Mediziner, Sport- und Trainingswissenschaftler sowie Trainer und Betreuer durch intensive Forschungen, Untersuchungen sowie langjährigen Erfahrungen in der Betreuung von Spitzensportlern, Erkenntnisse zu sammeln, die die Anpassungsprozesse des Organismus auf unterschiedliche Belastungsreize verdeutlichen und auch abschätzbar machen, um sie für den Sportler und dessen weitere Leistungsentwicklung nutzen zu können.

In der Praxis des Trainingsvollzugs fließen vor allem die individuell spezifischen Erfahrungen der Trainer und/oder Athleten in die Trainingsgestaltung zur Verbesserung der Leistungsfähigkeit mit ein, wobei wissenschaftliche Erkenntnisse, meist nur als Gesetzmäßigkeiten über Anpassungsprozesse, die Grundlage der Trainingskonzepte bilden.

---

[1]Aufgrund der leichteren Lesbarkeit wird in dieser Arbeit ausschließlich die männliche Formulierung verwendet. Athlet meint „ Athletin und Athlet“, Sportler meint „Sportlerin und Sportler“, Betreuer meint „ Betreuerin und Betreuer“ etc. Im empirischen Teil der Arbeit gilt hingegen nur die männliche Form, da ausschließlich männliche Sportler getestet wurden.

Diese individuellen spezifischen Erfahrungen in Bezug auf Anpassungsreaktionen bestimmter Trainingsreize und auch die gewonnenen Erkenntnisse mit teils einfach anzuwendenden diagnostischen Parametern (Laktat, HRV, subjektives Befinden,…) sind jedoch nur schwer zu verallgemeinern, da individuelles Verhalten sehr unterschiedlich sein kann. Je mehr Faktoren diese Erfahrungen stützen, desto eher können sie für weitere Handlungen im Trainingsvollzug genützt werden. So betonen Martin, Carl und Lehnertz (2001, S. 20) in Bezug auf eine erfolgreiche Steuerung und Regelung des Trainings: „Um die Regelhaftigkeit individuellen Verhaltens zu erkennen und bei der Handlungsplanung zu berücksichtigen, ist es unverzichtbar, dass die individuellen Trainingsvollzüge, die Trainingswirkungen und die präsentierten Leistungen sorgfältig dokumentiert und ausgewertet werden."

Dies setzt natürlich einen längeren Zeitraum voraus, um überhaupt Reaktionsverläufe zu erkennen und diese durch oftmalige Beobachtungen interpretieren zu können sowie die exakte Dokumentation vom Sportler über alle relevanten Faktoren des Trainingsvollzugs. Gerade in Mannschaftssportarten mit großen Sportlerzahlen, die nicht selten mit häufigen Fluktuationen im Jahreszyklus konfrontiert sind, ist diese Vorgangsweise oft nur schwer durchführbar.

Weiter ist in diesem Zusammenhang zu beachten, dass zur Leistungsentwicklung in den erwähnten energetisch determinierten Sportarten die Beanspruchung der zu entwickelten Funktionssysteme der entscheidende Impuls für die Ausbildung der Anpassung ist. Dadurch wird die objektive Beurteilung der Beanspruchungsreaktionen von zentraler Bedeutung. Schnabel, Harre und Borde (1997, S. 79) betonen in diesem Kontext: „Demnach müsste das Training unmittelbar über Parameter der Beanspruchung gesteuert werden." In der Trainingspraxis wird aber nach wie vor das Training großteils über die Belastung gesteuert, da die Praktikabilität von umfangreichen diagnostischen Messgeräten nicht gegeben ist. Die Belastungssteuerung birgt natürlich die Gefahr, dass Belastungen entweder zu dicht oder zu umfangreich gesetzt werden, was nicht selten in ein Überlastungssyndrom und somit zur Stagnation oder sogar zur Leistungsminderung führen kann. Neben den immer leichter anzuwendenden Messgeräten zur metabolischen (z.B. Laktatmessgeräte) und gesamtorganismischen (z.B. Herzfrequenzvariabilitäts-Messgeräte) Beurteilung von Beanspruchungsreaktionen des Organismus hat OmegaWave Technologies® (OmegaWaveTechnologies, Portland, OR, USA) in den letzten Jahren ein diagnostisch-analytisches Messgerät auf den Markt gebracht, das laut Angaben der

Hersteller umfangreiche einfach anzuwendende Analysemethoden bereitstellt, die funktionsspezifische sowie gesamtorganismische Beanspruchungen ermittelt und zugleich auch interpretiert. Damit sollen dem Trainer oder Sportler die Entscheidungen über die Gestaltung des Trainings erleichtert und der Trainingsprozess optimiert werden.

Diese Ergebnisse würden viele der bis dato oft gestellten Fragen von Trainern und Sportlern aus dem Weg räumen, die Schnabel, Harre und Borde (1997, S. 79) wie folgt zusammenfassen: „Wie hoch muss das Funktionssystem im Training beansprucht und ausgelenkt werden, um den Anpassungsprozess überhaupt und optimal zu aktivieren? Wie muss die Trainingsbelastung hinsichtlich Mittel, Bewegungsgüte, Intensität, Umfang, Trainingsmethode etc. beschaffen sein, um das jeweilige Funktionssystem anforderungsgerecht zu beanspruchen, und wie wirken sich extreme exogene Bedingungen (u.a. geografische Höhenlage, Hitze, Kälte, Luftdruck) auf die Beziehung Belastung/Beanspruchung aus?“

Demzufolge soll die Evaluierung der Praxistauglichkeit des Gerätes Gegenstand dieser Arbeit sein. Die Arbeit wird sich im speziellen mit den Messungen und Aussagen zu den metabolisch-energetischen Funktionszuständen befassen, da die anderen vom OmegaWave Sport Technology® System ermittelten Parameter in der sportwissenschaftlichen Literatur bereits des Öfteren untersucht worden sind. Rückschlüsse von EKG-Parametern auf metabolische Zustände des Organismus sind bisweilen noch nicht oft diskutiert worden.

2 Ziel und Inhalt der Diplomarbeit

Bei einer Kleingruppen-Fallanalyse sollen während eines dreiwöchigen Trainingszyklus Leistungssportler einer Langzeitausdauersportart morgens und abends mit dem OmegaWave Sport Technology® System getestet werden, um die daraus ermittelten Parameterwerte mit den Schwerpunkten der einzelnen sowie der akkumulierten Trainingsbelastungen zu beschreiben. Obwohl OmegaWave Sport Technology® System acht verschiedene Tests anbietet, wird bei dieser Arbeit ausschließlich die Testmethode zur Evaluierung von metabolischen Funktionszuständen für die Untersuchung zur Anwendung kommen. Da es sich bei den Probanden um Ausdauersportler auf hohem nationalen Niveau handelt und sich diese in einem mehrjährigen Trainingszyklus in Vorbereitung auf internationale Wettkämpfe befinden, werden die Untersuchungen ohne jegliches Eingreifen in den Trainingsvollzug durchgeführt. Ziel dieser Arbeit ist es daher nicht, OmegaWave-Messungen auf ihre Validität zu überprüfen, sondern das OmegaWave Technology® System auf seine Praxistauglichkeit im Sinne der Unterstützung der Trainingsprozessgestaltung zur Abschätzung von Qualität und Quantität gesetzter Trainingsbelastungen zu evaluieren. Es sollen die Trainingsbelastungen genau dokumentiert und ihre Intensitäten definiert werden, damit die beim Training beanspruchten energetischen Systeme identifiziert und somit ein Vergleich mit den metabolischen Indexwerten der OmegaWave-Testungen angestellt werden kann.

Die individuellen dynamischen Befindensverläufe der Athleten, die durch die subjektive Beschreibung der Athleten erfolgt, und die OmegaWave-Indexverlaufskurven der Anpassungsmechanismen sollen ebenfalls beschrieben und diskutiert werden. Die Literaturerkenntnisse sollen vor allem die theoretischen Hintergründe der OmegaWave-Messungen in Bezug auf die EKG-Interpretation über metabolische Zustände und Verläufe beleuchten. In der Diskussion werden die gewonnen Erkenntnisse nochmals zusammengefasst, diskutiert und etwaige weitere Untersuchungen vorgeschlagen.

3 Wissenschaftliche Fragestellungen

Für die vorliegende Diplomarbeit ergeben sich daher folgende Fragestellungen:

3.1 Wissenschaftliche Fragestellung 1:

Zeigen die Indexwerte der OmegaWave-Messungen Veränderungen jener Systeme an, die zuvor durch Trainingsbelastungen beansprucht worden sind?

3.2 Wissenschaftliche Fragestellung 2:

Spiegeln die dynamischen Verläufe der Indexwerte die Umfangs- und Intensitätsverteilung der Trainingsbelastungen in den Mikrozyklen wider?

3.3 Wissenschaftliche Fragestellung 3:

Lassen die Höhe und die Verlaufskurven der Indexwerte auf die Leistungsfähigkeit und die Kapazität der entsprechenden Energiebereitstellungssysteme des Athleten schließen?

4 OmegaWave Sport Technology® System

Zum besseren Verständnis der Funktions- und Anwendungsweise des OmegaWave Sport Technology® Systems werden die für die vorliegende Arbeit relevanten Themenbereiche dieses Systems so dargestellt, wie sie vom Hersteller im Operating Manual (2004 OmegaWave Technologies®, LLC, Portland, OR, USA) angeführt sind. Da zum Zeitpunkt der Recherchen für diese Arbeit kein Benutzerhandbuch in deutscher Sprache verfügbar war, hat sich der Verfasser dieser Arbeit erlaubt, das Operating Manual des OmegaWave Sport Technology® Systems wörtlich ins Deutsche zu übersetzen.

4.1 System-Überblick

Die Verbesserung der körperlichen Leistungsfähigkeit eines Sportlers wird durch ein geplantes Trainingsprogramm erreicht, welches über die Zeit den Umfang und die Intensität der körperlichen Belastung erhöht. Es ist enorm wichtig, den dynamischen Verlauf der Adaptationsantwort des Sportlers auf die gesetzten Belastungen zu überwachen, um die Auswirkungen des Trainingsprozesses aktiv zu gestalten und um entsprechende körperliche Vorgänge zu provozieren und andere Vorgänge hinten anzustellen. Das bedarf der zeitgerechten Beurteilung des Funktionszustandes des Systems, welches die Trainierbarkeit des Athleten gewährleistet.

Der Körper passt sich an muskuläre Aktivität durch die Freisetzung energetischer Ressourcen, Sauerstoff- und Nährstofftransport in die Muskelzellen, Abtransport von Verbrennungsendprodukten an und schafft Bedingungen für Umformungen im Muskelgewebe. Daher ist es wichtig, folgende Zustände zu ermitteln und auszuwerten:

- Herzaktivität
- Energiestoffwechsel
- Zentralnervensystem
- Sauerstoffaustausch/Herz-Lungen System
- Entgiftungssystem
- Hormonsystem

Der Wert dieser Informationen steigt wesentlich an, wenn die Beobachtungen kurz vor der Anstrengung und nach der Erholung erfolgen. Das ermöglicht, den Umfang und die Intensität nachfolgender Trainingsaktivitäten abzustimmen.

Das OmegaWave Sport Technology® System befähigt den Trainer oder Betreuer den aktuellen physischen Status und die Auswirkungen des Trainings rasch zu kontrollieren, so wie das generellen Niveau der Vorbereitungen des Athleten zu beurteilen. OmegaWave Technology® bietet folgende Vorteile:

- Die Aufzeichnung ist nicht-invasiv → verhindert jegliche traumatisierende Auswirkung auf den Athleten.
- Die Aufzeichnung ist nicht belastend → erlaubt tägliche oder sogar häufigere Messung.
- Die Aufzeichnung ist schnell → minimiert die Auswirkung auf das aktuelle Training.
- Das System ist transportabel → erlaubt Überprüfungen an jedem Ort.
- Messungen und Ergebnisse sind sofort verfügbar → befähigt einen Trainer oder Betreuer das geplante Training auf Basis des aktuellen physischen Zustands des Athleten abzustimmen.

4.1.1 Auswertungs-Überblick

Das OmegaWave Sport Technology® System verwendet acht verschiedene Methoden, um Ergebnisse zu erhalten. Diese acht Auswertungen beschreiben die Systeme, die die Leistung des Athleten beeinflussen. Diese geben Auskunft über den Funktionsstatus des Herz-Kreislaufsystems, des Energiestoffwechsels und die anderen biologischen Systeme des menschlichen Körpers, die die Leistungsbereitschaft des Sportlers und/oder die nachfolgenden Auswirkungen der Leistung regeln.

4.1.1.1 Herzfrequenz Variabilität (HRV)

Die Herzfrequenz-Evaluierung basiert auf Informationen eines Standard-Drei-Punkt-Elektrokardiogramms (EKG) und gibt Auskunft über die Regulationsmechanismen, die das Herz-Kreislauf System des Sportlers beeinflussen.

Die aktuelle Messung wird in mehreren Varianten angezeigt. Eine Anzeige umfasst die Ergebnisse der drei Standard-Ableitungen des EKG. Zusätzlich bietet ein „Rhythmogramm" die grafische Darstellung eines jeden R-R-Intervalls. Ein „Scattergramm" stellt die R-R-Intervalle in Zeit-Bereichen dar. Ein „Histogramm" trägt den Prozentsatz der R-R-Intervalle ein, die in jedem Zeitbereich vorkommen. Und ein „Spektrum" gibt Informationen über Frequenzzonen des Herzrhythmus.

Ausgehend von den Auswertungen des Kardiologischen Systems gibt das OmegaWave Sport Technology® System Informationen über den Funktionszustand des kardiovaskulären Systems des Athleten, welche in zwei Teile gegliedert ist. Im ersten Abschnitt werden Zahlenwerte angegeben, die folgende fünf Parameter beurteilen.

- Die Aktivität des Vagus-Regulations-Mechanismus
- Die Aktivität des Sympathikus-Regulations-Mechanismus
- Spannungsindex des Zentralnervensystems
- Anteil von nicht–periodischen Einflüssen
- Die Standardabweichung des Atemflusses

Die individuellen Zahlenwerte werden in einer Tabelle neben den „Normwerten" angegeben.

Schlussendlich werden im Ergebnisabschnitt die Messwerte des Kardiologischen Systems zusammengefasst. Die Ergebnisse sind in zwei Teilen organisiert. Der erste Teil bietet Informationen über die Herzfrequenz, Herzrhythmus, vegetatives Gleichgewicht und Regulationsprozesse. Der zweite Teil berichtet über den aktuellen Funktionsstatus des Herzsystems des Individuums (Anpassung an Belastung, funktionelle Reserve, der Stand der Regeneration und die Bereitschaft für verschiedene Umfänge und Intensitäten der Aktivitäten).

4.1.1.2 Differential-EKG (Diff. EKG)

Die Diff.-EKG Auswertung des Energiestoffwechsels basiert auf einer Sechs-Punkt-EKG-Ableitung und bietet Informationen über metabolische Funktionen. Aktuelle Ergebnisse werden in zwei Varianten aufbereitet. Eine R-S-Kurve zeigt die grafische Repräsentation einer jeden R- und S-Welle. Ein EKG von den Punkten V2, V3 (rechts) und V6 wird auch dargestellt. Aufgrund dieser Ergebnisse erstellt das OmegaWave Sport Technology® System Informationen, die den Funktionsstatus der Energieversorgungssysteme des Athleten beschreiben und in zwei Abschnitten berichtet wird.

Im ersten Abschnitt werden Zahlenwerte angegeben, die folgende sechs Parameter beurteilen.

- VO_2max Index
- Aerobic Status Index
- Anaerobic Status Index
- Alactic Status Index
- System's-Adaptation Index
- Herzfrequenz an der anaeroben Schwelle

Die individuellen Werte werden in einer Tabelle neben den so genannten „Normwerten“ angegeben.

Im zweiten Abschnitt wird die Information in zwei Teilen angegeben. Der erste Teil berichtet über das aktuelle Funktionsniveau der Energiebereitstellung. Der zweite zeigt Herzfrequenz-Zielzonen für verschiedene Trainingsbereiche.

4.1.1.3 Omega-Potential

Die Auswertungen des Omega Potentials berichten über die Funktion des Zentral-Nerven-Systems (ZNS) und die Regulationsmechanismen, die den Sauerstoffaustausch und das Herz-Lungen-System, das Entgiftungssystem und das Hypothalamus-Hypophysen-Nebennieren-System kontrollieren. Aktuelle Ergebnisse werden wieder in zwei Varianten angegeben. Eine „Ruhepotential“-Kurve repräsentiert den Zustand des ZNS in Ruhe. Eine

„Nachbelastungs“-Kurve zeigt die Regulationsmechanismen, die die Prozesse kontrollieren, welche nach einer kleinen körperlichen Anstrengung aktiviert werden. Basierend auf diesen Ergebnissen erstellt das OmegaWave Sport Technology® System zwei Berichte, die den Funktionsstatus des Homeostasesystems des Athleten beschreiben. Zuerst werden gemeinsam mit Normwerten die Zahlenwerte des Sportlers für das Omega-Ruhepotential angeboten. Es werden aber auch Werte des Athleten zu verschiedenen Zeitpunkten nach der Einwirkung der körperlichen Anstrengung angezeigt.

Der Bericht der Ergebnisse umfasst den aktuellen Funktionszustand des Systems.

- Zentral-Nerven System
- Sauerstoffaustausch und Herz-Lungen System
- Entgiftungssystem
- Hypothalamus-Hypophysen-Nebennieren System

4.1.1.4 EKG

Das EKG zeigt oder druckt Ergebnisse eines 6-Punkt-Elektrokardiogramms. Optional ist auch ein 12-Punkt-EKG verfügbar.

4.1.1.5 Sprung

Die Sprung-Auswertung bietet Informationen über die Explosivkraft des Athleten. Eine Abbildung zeigt die Flugdauer für eine Serie von fünf Einzelsprüngen.

Das OmegaWave Sport Technology® System berechnet die Sprunghöhe aus der Flugzeit und erstellt zwei Berichte. Im ersten Bericht werden folgende Ergebnisse dargestellt:

- Der Durchschnittswert der Flugzeit (in Millisekunden)
- Der Durchschnittswert der Sprunghöhe (in Zentimeter oder Inches)

Die Ergebnisse zusammengefasst ergeben den aktuellen Zustand des neuromuskulären Explosivkraft-Potentials.

4.1.1.6 Sprung 10

Die Sprung 10-Auswertung, basierend auf einer Serie von dynamischen Sprüngen in einem Zeitraum von zehn Sekunden, bietet Informationen über das Geschwindigkeit- bzw. Leistungspotential des Athleten im alaktaziden Status dar. Eine Abbildung zeigt die „Flug- und Kontaktzeit“ des Athleten (d.h. wie lange ist der Sportler in der Luft und wie lange ist der Athlet mit der Matte in Kontakt).

Das OmegaWave Sport Technology® System berechnet die Sprunghöhe aus der Flugzeit und erstellt zwei Berichte. Im ersten Bericht werden folgende Zahlenwerte dargestellt:

- Der Durchschnittswert der Flugzeit (in Millisekunden)
- Der Durchschnittswert der Kontaktzeit (in Millisekunden)
- Die Anzahl der Sprünge
- Der Durchschnittswert der Sprunghöhe (in Zentimeter oder Inches)
- Der Index für die alaktazide Leistung (in Watt pro Kilogramm Körpergewicht)

Die Ergebnisse zusammen ergeben das alaktazide neuromuskuläre Geschwindigkeits-/Leistungspotential des Athleten.

4.1.1.7 Sprung 60

Die Sprung 60-Auswertung, basierend auf einer Serie von dynamischen Sprüngen über einen Zeitraum von 60 Sekunden, bietet Informationen über das Geschwindigkeit- bzw. Leistungspotential des Athleten im anaeroben Status. Eine Abbildung zeigt die „Flug- und Kontaktzeit“ des Athleten (d.h. wie lange ist der Sportler in der Luft und wie lange ist der Athlet mit der Matte in Kontakt).

Das OmegaWave Sport Technology® System berechnet die Sprunghöhe aus der Flugzeit und erstellt zwei Berichte. Im ersten Bericht werden folgende Zahlenwerte dargestellt:

- Der Durchschnittswert der Flugzeit (in Millisekunden)
- Der Durchschnittswert der Kontaktzeit (in Millisekunden)
- Die Anzahl der Sprünge

- Der Durchschnittswert der Sprunghöhe (in Zentimeter oder Inches)
- Der Index für die laktazide Leistung (in Watt pro Kilogramm Körpergewicht)

Die Ergebnisse zusammen ergeben das anaerobe neuromuskuläre Geschwindigkeits-/Leistungspotential des Athleten.

4.1.1.8 Reaktionszeit

Die Reaktionszeit Auswertung basiert auf den Messungen, wie schnell der Athlet auf zufällige akustische Signale reagiert. Sie bietet Informationen darüber, wie das ZNS auf externe Reize reagiert, wie diese Reaktionen durch das neuromuskuläre System weitergeleitet werden und wie diese Reaktionen über die Dauer entweder aufrecht erhalten oder schwächer werden. Eine Abbildung zeigt die „Reaktionszeit" des Athleten auf jedes Signal, wie auch die Anzahl der Fehlversuche (d.h. wie oft der Athlet das akustische Signal erraten hat und zu schnell darauf geantwortet hat und wie oft er die Konzentration verloren hat und viel zu spät geantwortet hat).

Das OmegaWave Sport Technology® System stellt einige Berechnungen an und ermittelt zwei Berichte. Der erste Bericht zeigt Zahlenwerte für folgende Parameter:

- Der Durchschnittswert der Reaktionszeit (in Sekunden)
- Der Funktionsniveau Index des Athleten
- Der Reaktions-Stabilitäts Index
- Der Funktionspotential Index
- Fehler (Latenzzeit unter 50 Millisekunden)
- Fehler (Latenzzeit über 400 Millisekunden)

Die Ergebnisse fassen die Fähigkeit des Zentralnervensystems des Sportlers zur Kontrolle neuromuskulärer Koordination zusammen: Deren Bereitschaft, deren Fähigkeit und deren Ausdauer.

4.1.2 Systemkomponenten

Das OmegaWave Sport Technology® System , welches für die Testungen verwendet wird, beinhaltet folgende Komponenten:

- Laptop mit Windows Betriebssystem und Stromversorgungseinheit
- OmegaWave Sport 2.0 Software
  - HRV Beurteilungssoftware
  - Diff.-EKG Beurteilungssoftware
  - Omega Beurteilungssoftware
  - EKG Software
  - Sprung, Sprung 10 und Sprung 60 Software
  - Reaktionszeit Software
- Software für dynamische Indizes
- Microsoft Office Software
- Omega Wave Interface
- Messkabelset für die Athleten (jeweils ein 6-Punkt Wilson Kabel, 4-Punkt Extremitäten Kabel und ein 3-Punkt Omega Kabel)
- 4 Elektrodenclips
- Kontaktgel
- Etliche Einweg-Klebeelektroden

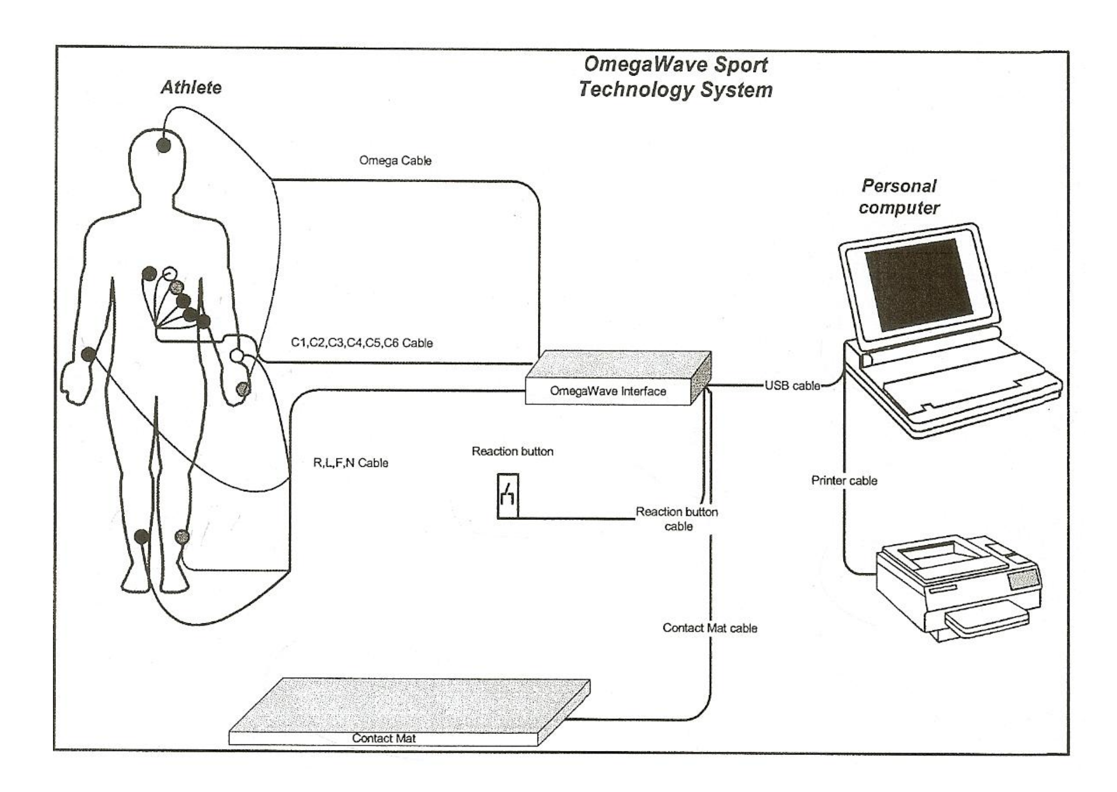


Abb. 1: Die Hardwarekomponenten des OmegaWave Sport Technology® System

4.1.3 Einstellungen zum Start

4.1.3.1 Hardware Einstellungen

Das OmegaWave Interface wird über einen USB-Port an den Laptop angeschlossen.

Die Messkabel für den Athleten werden an die dafür vorgesehenen, farbcodierten Interface Eingängen angeschlossen (je nach Messverfahren werden die Elektroden unterschiedlich am Athleten angelegt).

Der Laptop wird von einem externen Stromgerät versorgt. Die Stromversorgung für das OmegaWave-Interface geschiet vom Laptop via USB.

Nachdem das OmegaWave-Programm gestartet wird, öffnete sich das Startfenster mit folgenden Details:

- Dateienliste (Sportarten, Betreuer, Fitnessaktivitäten, Fitnesstrainer, Institut, Arzt)
- Namensliste (jeder einzelne Athlet ist mit den gewählten Sportarten/Betreuer verknüpft)

- Athleteninformationen
- Einen Bereich zur optionalen Eingabe der VO_2max und der Herzfrequenz an der anaeroben Schwelle, die in validen Testverfahren direkt gemessen wurden.
- Eine Auflistung der kompletten Auswertungen

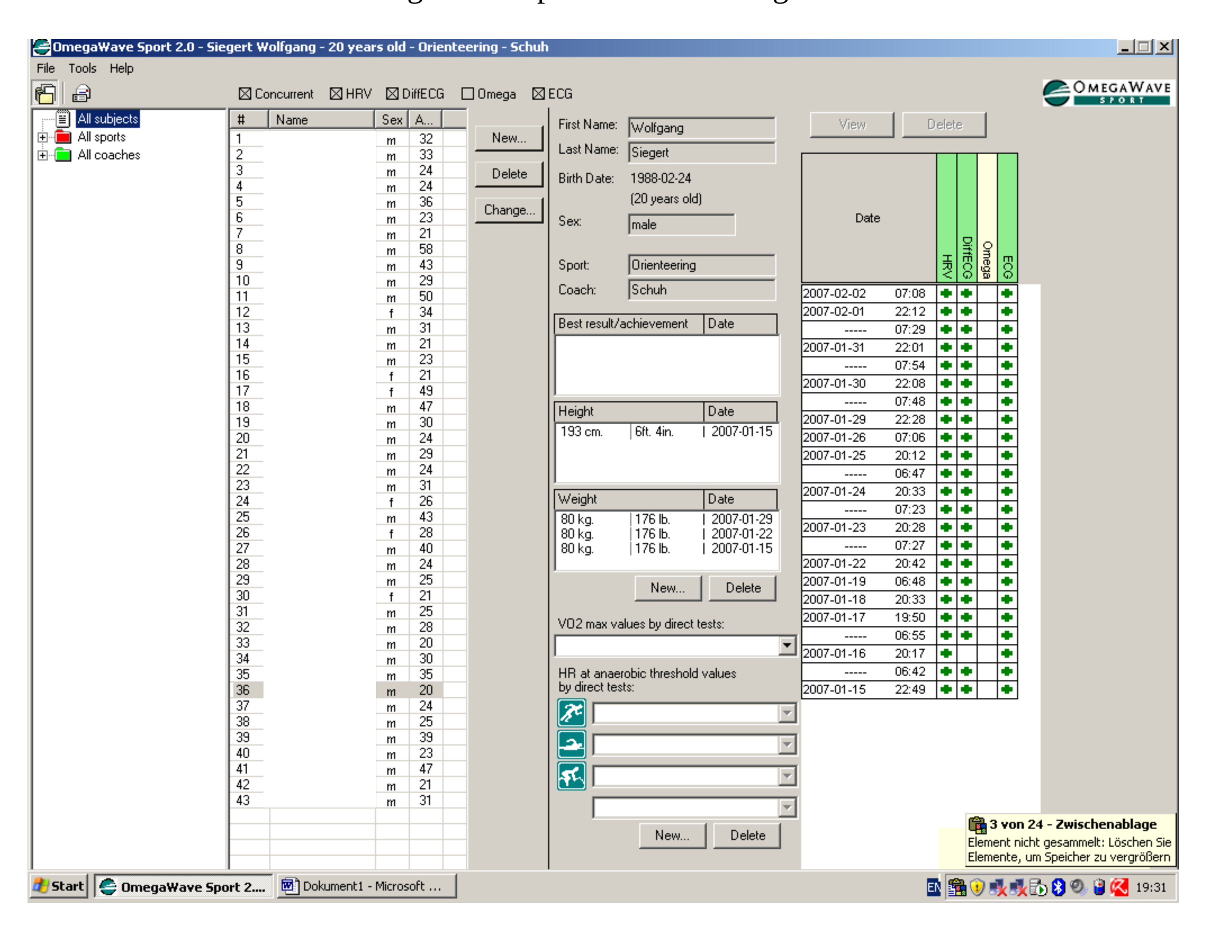


Abb. 2: Startfenster der OmegaWave Sport Technology® Software

Weiter kann man zu Beginn auch noch diverse Grundeinstellungen durchführen (z.B. Kilogramm oder Pfund, Zentimeter oder Zoll).

Beim Hinzufügen eines neuen Athleten müssen folgende Daten eingegeben werden:

- Vorname
- Nachname
- Geburtsdatum
- Geschlecht

- Sportart oder Fitnessaktivität
- Betreuer oder Fitnesstrainer
- Körpergewicht
- Körpergröße

Zusätzlich können noch die besten Testergebnisse des Athleten in die „Stammdatei" des Athleten hinzugefügt werden.

Nachdem ein Athlet im Register ausgesucht wurde, können eine oder mehrere neue Auswertungen durchgeführt werden. Dazu müssen lediglich die entsprechenden Schaltflächen der einzelnen Messungen gedrückt werden.

4.1.4 Auswertungen

4.1.4.1 Der Prozess der Auswertung

Das OmegaWave Sport Technology® System beinhaltet bis zu acht verschiedene Auswertungen, wobei jede von ihnen entweder die Messanschlüsse der Athletenüberwachung, die Kontaktmatte oder den Reaktionsschalter beinhaltet.

4.1.4.2 Die Durchführung der Auswertungen

Wenn Athleten in einer regelmäßigen Abfolge beurteilt werden, ist es wichtig, dass sie so gut als möglich immer zum selben Zeitpunkt getestet werden. Idealerweise sollen die Auswertungen in der Früh vor dem Training durchgeführt werden. Wenn es nicht möglich ist die Athleten in der Früh zu testen, dann soll zumindest vor dem Training die Testung durchgeführt werden.

Die Sportler sollen sich wohl fühlen und zur Ruhe gekommen sein. Die Auswertungen sollen in einer ruhigen Umgebung durchgeführt werden, denn Lärm und Unterbrechungen, die die Athleten stören, können die Messungen beeinflussen. Die Raumtemperatur und die Luftfeuchtigkeit sollen in einem angenehmen Bereich sein.

Es wäre wünschenswert einen Sportler direkt nach der Belastung zu testen, um die Auswirkungen der Belastung auf das Energiesystem des Athleten bestimmen zu können.

Es ist aber wichtig die Herzfrequenz des Athleten auf ein normales Niveau absinken zu lassen, bevor mit den Testungen begonnen wird. Auswertungen mit erhöhten Herzfrequenzen schaffen ungenaue Testergebnisse.

4.1.4.3 Differential-EKG (Diff.-EKG) Auswertungen

Das Diff.-EKG basiert auf einer Differential-EKG Messung und bietet Auskunft über metabolische Funktionen.

Um die Diff EKG Messung durchzuführen, wird das 4-Punkt Extremitäten Kabel, welches die farbigen Elektroden oder Klips, die mit R,L,F und N bezeichnet sind, beinhaltet, in den EKG1 Eingang des OmegaWaveInterface gesteckt. Das 6-Punkt Wilson Kabel verwendet Elektroden mit der Bezeichnung C2, C3 und C6 und wird in den Eingang EKG2 des OmegaWaveInterface gesteckt.

Die Elektroden des EKG1 Eingangs werden in Übereinstimmung mit klassischen Mustern von Standard Ableitungen, wie folgt angebracht.

- Schwarz (N) – rechtes Bein
- Grün (F) – linkes Bein
- Rot (R) – rechter Arm
- Gelb (L) – linker Arm

Die Brust Elektroden werden am Brustkorb der Athleten an den Positionen V2, V3 rechts und V6 (in Anlehnung an Wilson) positioniert.

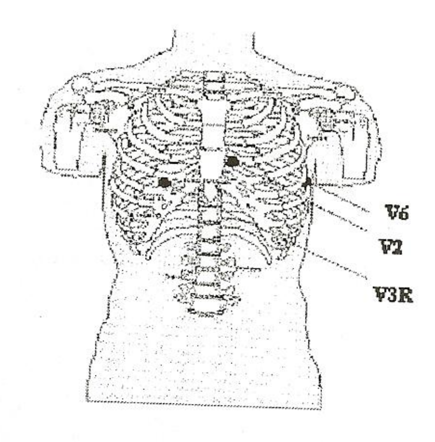


Abb. 3: Schematische Darstellung der Elektroden-Ansatzpunkte V2, V3 rechts und V6 des Diff.-EKG

Am Ende der Auswertung stellt das OmegaWave Sport Programm Beurteilung auf mehrere Arten zur Verfügung. Das EKG wird als Standard V2, V3 und V6 Elektrokardiogramm gezeigt. Ein schematisches Diagramm der R und S Intervalllänge wird ebenfalls geboten.

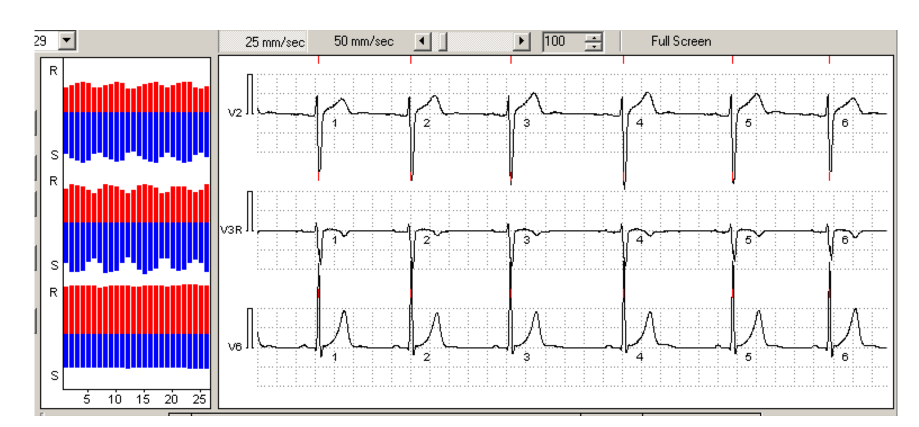


Abb. 4: Standard-EKG-Auswertung

Es gibt folgende Möglichkeiten das EKG zu analysieren:

- Man kann das EKG entweder im 25mm oder 50mm Format betrachten
- Die Darstellungsgröße des EKG lässt sich anpassen
- Das EKG kann über den ganzen Bildschirm betrachtet werden

Aufbauend auf den Ergebnissen der EKG-Daten berechnet die OmegaWave Sport 2.0 Software die „Parameter“, die den Zustand des Energiestoffwechsels charakterisieren.

#	Correlative Parameters of the Energy Metabolism System	Value	Normal range
1	Relative VO2 max index [weight=80kg]	69	58 - 85
2	Aerobic status index	113	110 - 160
3	Anaerobic status index	149	132 - 190
4	Alactic status index	16	12 - 25
5	System's adaptation index	213	195 - 250
6	HR at anaerobic threshold	175	150 - 183

Abb. 5: Metabolische Parameter der Diff.-EKG Berechnungen

- *Relative VO_2max Index* gibt einen Hinweis auf die momentane Ausdauerleistungsfähigkeit.
- *Aerobic Status Index* gibt einen Hinweis auf die Funktion (Leistungsfähigkeit und Kapazität) des aeroben Systems.
- *Anaerobic Status Index* gibt einen Hinweis auf die Funktion (Leistungsfähigkeit und Kapazität) des anaeroben Systems.
- *Alactic Status Index* gibt einen Hinweis auf die Funktion (Leistungsfähigkeit und Kapazität) des alaktaziden Systems.
- *System's Adaptation Index* weist darauf hin, wie gut sich die energetischen Systeme des Athleten an Belastung anpassen.
- *HR (heart rate) at anaerobic threshold* zeigt die Herzfrequenz an, an der der Athlet vom aeroben Bereich in den anaeroben Bereich übergeht und damit den anaerob-laktaziden (glykolytischen) Prozess aktiviert.

Nachdem alle Indices berechnet worden sind, erzeugt das OmegaWave Sport 2.0 Experten Software System Ergebnisse bezüglich des Zustands der funktionellen Reserven des Athleten, Erholungsgeschwindigkeit, Laktattoleranz und aerobe Reserven. Auch Herzfrequenz Zielzonen werden wie folgt aufgelistet:

- Anaerobe Entwicklung
- Anaerobe Stabilisation
- Aerobe Entwicklung
- Aerobe Stabilisation
- Regeneration
- Vollständige Erholung



Abb. 6: Zusammenfassende Aussagen über funktionelle Reserven und Empfehlungen von Herzfrequenzzonen

Die OmegaWave Sport 2.0 Software analysiert die EKG-Daten zur Einschätzung der Stoffwechselfunktionen. Einige Individuen haben abnorme EKG-Daten. Das kann zur Folge haben, dass die OmegaWave-Bewertungen der Energiesystemfunktionen Unterschiede zu direkten Testes der Energiesystemfunktionen ergeben. OmegaWave Sport 2.0 Software erlaubt die manuelle Eingabe der VO_2max und der Herzfrequenz an der anaeroben Schelle des Athleten, die bei direkten Belastungstest ermittelt worden sind. Wurden direkte Testwerte einmal eingegeben, passt die OmegaWave Sport 2.0 Software zukünftige Messwerte an. Direkt ermittelte Testwerte können im folgenden Fenster, welches sich auf der Hauptseite befindet, eingegeben werden.

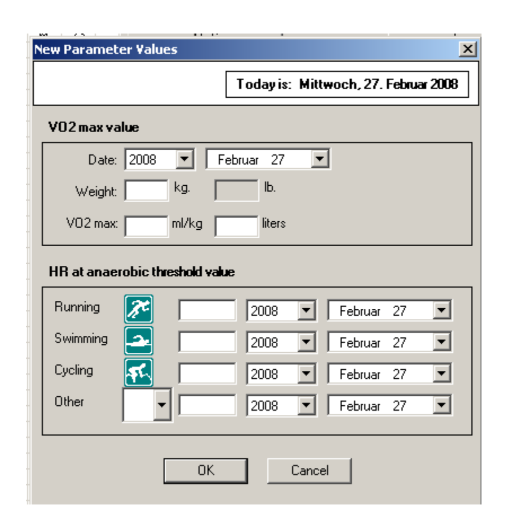


Abb. 7: Eingabefenster für direkt ermittelte VO_2max Werte und Schwellenherzfrequenzen

Athleten, die in mehreren Sportarten oder Mehrkampfdisziplinen teilnehmen, haben möglicherweise unterschiedliche Schwellen für verschiedene Disziplinen. Der Bereich der Hauptseite bietet auch die Möglichkeit bis zu vier Schwellenherzfrequenzwerte für unterschiedliche Aktivitäten manuell einzutragen.

Wurde einmal die VO_2max Werte und/oder Schwellenherzfrequenzwerte eingegeben, dienen diese als Grundlage, von denen die OmegaWave Sport 2.0 Software Veränderungen in den Stoffwechselprozessen angibt. Es ist besonders wichtig, dass manuell eingegebene Werte von direkten Tests stammen, die von professionellem Personal in einer kontrollierten Umgebung durchgeführt wurden. Das Testdatum sollte in einem vernünftigen Zeitabstand zu den OmegaWave-Messungen liegen, da Stoffwechselprozesse sich über die Zeit signifikant verändern können und vergangene Tests können oder können nicht den momentanen Funktionszustand des Athleten widerspiegeln.

4.1.5 Funktionen

4.1.5.1 Signal-Fehlermeldungsfunktion

Die Signal-Fehlermeldung des OmegaWave Sport Technology® Systems hilft sicherzustellen, dass genaue Daten von den Elektroden des Systems gesammelt werden. Ungenauer Elektrodenkontakt oder „Elektrodengeräusche“, die von der Testperson oder dem umgebenden Umfeld erzeugt werden, können die Qualität der Daten, die von den Elektrodensensoren zum OmegaWave-Interfacegerät und anschließend zum Computer zur Berechnung gesendet werden, beeinträchtigen. Die Signal-Fehlermeldungsfunktion bearbeitet ständig die Daten, die zum Computer übermittelt werden, und sobald ein Fehler auftritt, beendet diese Funktion die Messung und zeigt eine Fehlernachricht an, die den Benutzer zur Quelle des Problems führt.

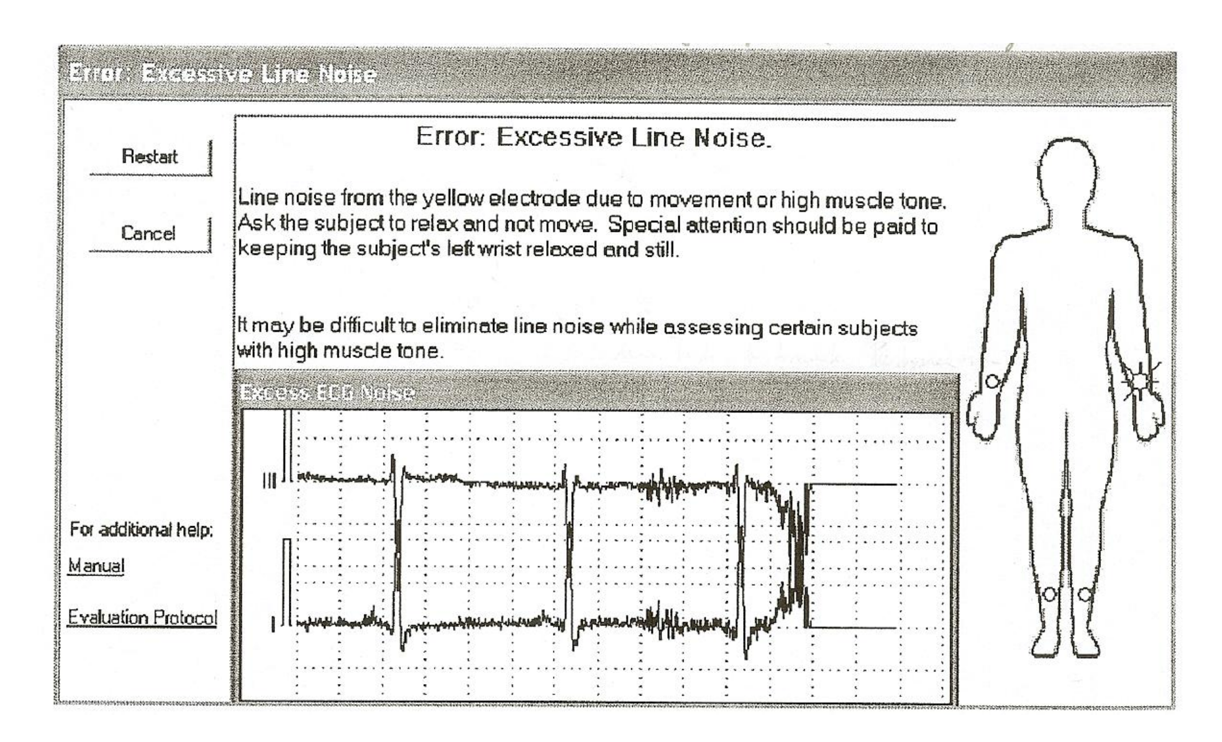


Abb. 8: Fehlermeldungsfenster bei fehlerhaften Signalübertragungen

Ähnliche Nachrichten erscheinen, wenn Verbindungsgeräusche oder Signalfehler entdeckt werden. Es sollte den Anweisungen, die angezeigt werden, gefolgt werden, um den Grund des Fehlers zu aufzuheben und die Messung neu zu starten.

Elektronische Störungen des umgebenden Umfelds können Verbindungsgeräusche produzieren. Das OmegaWave-Inferface Gerät sollte immer an einem Platz positioniert sein, der soweit als möglich von elektronischen Geräten, inklusive dem Systemcomputer und dem Drucker, entfernt ist. Das OmegaWave-Interface Gerät sollte an einen neuen Platz gestellt werden, wenn die Fehlernachricht zu starke Verbindungsgeräusche anzeigt. Es ist aber auch möglich, dass die Testperson selbst einen gewissen inneren Geräuschpegel produziert, der genaue Messungen verhindert.

Hin und wieder ist es bei gewissen Personen schwierig, OmegaWave-Messungen zu erhalten. Dies ist zwar selten, aber das OmegaWave System benötigt Daten von hoher Qualität, um auch Messungen von hoher Qualität produzieren zu können. Die Signal-Fehlermeldungsfunktion behält die Qualität der elektronischen Signale bei, die das System erhält und bearbeitet, und trägt dadurch zur Nachhaltigkeit der Messungen bei.

4.2 Die Steuerung des Trainingsprozesses

Das OmegaWave Sport Technology® System bietet sich als Hilfsmittel an, um zu beurteilen, wie gut sich Athleten an das Training anpassen. Die Möglichkeit, Belastung und Erholung aufzuzeichnen, erlaubt eine effiziente Steuerung des Trainingsprozesses.

4.2.1 Erhebung von Ausgangswerten

Idealerweise durchläuft der Athlet, in einem gut erholten Allgemeinzustand vor Beginn der Trainingssaison die komplette Testbatterie. Diese Evaluierung bietet dann Ausgangswerte, von denen dann der dynamische Verlauf der Trainingsanpassung des Athleten beurteilt werden kann.

Werden die dynamischen Verläufe der Trainingsanpassung des Athleten abgebildet, wird es möglich, ein individuelles Trainingsprogramm anzuwenden, welches die funktionellen Systeme, die entwickelt werden müssen, fordert und erlaubt aber auch die angemessene Regeneration dieser Systeme, bevor sie wiederholt belastet werden. Dieser Ansatz der Trainingssteuerung bietet dem Betreuer oder Trainer die Information, die notwendig ist, um einen Athleten effizient nach den Prinzipien der Superkompensation zu trainieren, während man ein Übertraining vermeidet.

Wurde einmal ein Profil aus den Ergebnissen des Athleten erstellt und die Messungen mit der tatsächlichen Leistung in Beziehung gesetzt, wird es möglich, zukünftige Leistungen des Athleten auf Basis der Messungen vorherzusagen.

4.2.2 Standard Erhebungen

Der momentane Zustand eines Athleten kann durch die ersten drei Messungen des OmegaWave Sport Technology® System ’s erhoben werden: Herzfrequenzvariabilität, Differential-EKG und Omega Potential. Diese drei Messungen sollen in Ruhe absolviert werden und können, bis hin zu vor und nach jedem Training, täglich oder wöchentlich durchgeführt werden.

Wenn Athleten in einer regelmäßigen Abfolge beurteilt werden, ist es wichtig, dass sie so gut als möglich immer zum selben Zeitpunkt getestet werden. Idealerweise sollten die Auswertungen in der Früh vor dem Training durchgeführt werden. Wenn es nicht möglich ist die Athleten in der Früh zu testen, dann sollte zumindest vor dem Training die Testung durchgeführt werden.

Die Sportler sollten sich wohl fühlen und zur Ruhe gekommen sein. Die Auswertungen sollten in einer ruhigen Umgebung durchgeführt werden, denn Lärm und Unterbrechungen, die die Athleten stören, können die Messungen beeinflussen. Die Raumtemperatur und die Luftfeuchtigkeit sollten in einem angenehmen Bereich sein.

Es wäre wünschenswert einen Sportler direkt nach der Belastung zu testen, um die Auswirkungen der Belastung auf das Energiesystem des Athleten bestimmen zu können.

Es ist aber wichtig die Herzfrequenz des Athleten auf ein normales Niveau absinken zu lassen, bevor mit den Testungen begonnen wird. Auswertungen mit erhöhten Herzfrequenzen schaffen ungenaue Testergebnisse.

Das nachfolgende Diagramm stellt ein Modell des Trainingsprozesses dar. Es zeigt, wie regelmäßige Erhebungen einen Zugang schaffen, um sowohl langfristige als auch kurzfristige Ziele festzulegen und individuelle Trainingseinheiten zu gestalten.

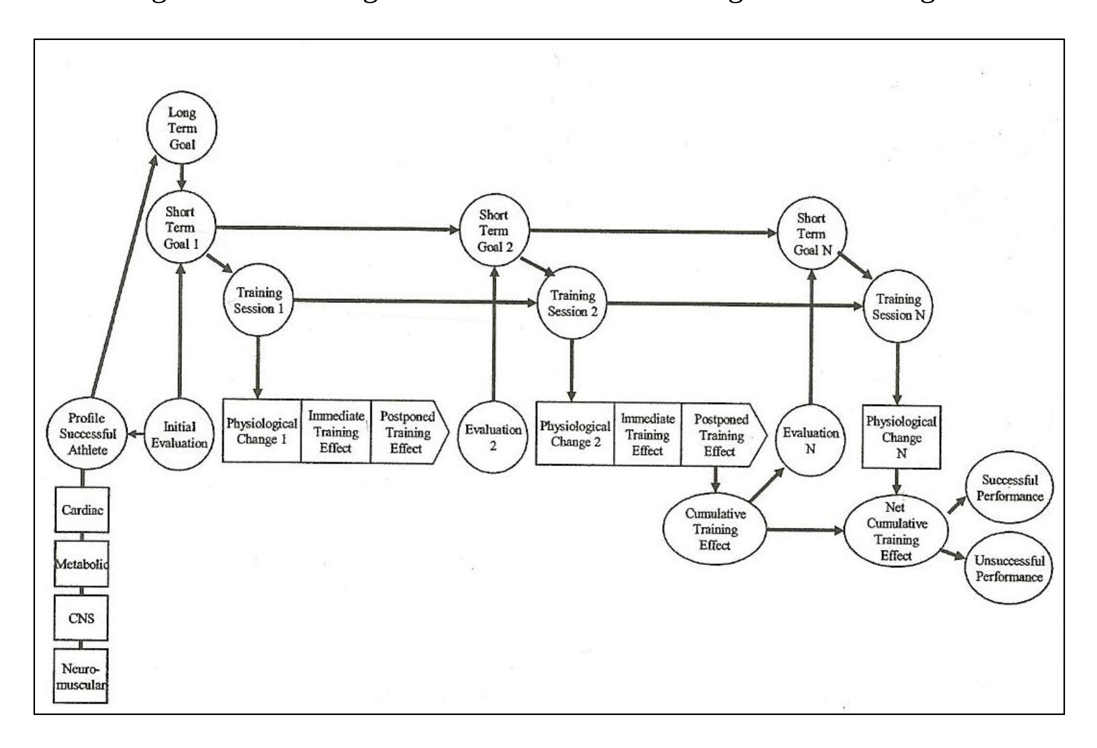


Abb. 9: Ein Modell des Trainingsprozesses nach OmegaWave Sport Technology®

Das OmegaWave Sport Technology® System bietet die Möglichkeit zur Durchführung regelmäßiger Erhebungen, die für die Festlegung von Zielen und zur Validierung der Effektivität von Trainingsmethoden verwendet werden können. Diese regelmäßigen Erhebungen zeigen einen dynamischen Verlauf an, wie jeder Athlet auf das Training reagiert. Sie bieten wesentliche Informationen zu Belastung, Ermüdung und Erholung. Sie erlauben weiter dem Betreuer oder Trainer die OmegaWave-Ergebnisse zu benutzen, um Trainingsprogramme einzusetzen, die die Athleten belasten, wenn sie wieder bereit sind, sich an Belastungen anzupassen und zeigt Erholung an, wenn die Athleten noch nicht bereit sind auf zusätzliche Belastungen adäquat zu reagieren.

4.2.3 Trainingssteuerung mit Daten der Energiestoffwechsel-Erhebungen des Differential-EKG

Die Aufzeichnung des Energiestoffwechselsystems des Athleten mit dem OmegaWave Technology® System befähigt den Betreuer oder Trainer zu beurteilen, welcher Bereich der Energiebereitstellung an jedem Tag zu entwickeln ist. Weiter bietet das System für jeden Sportler individuelle Informationen in Bezug auf die Herzfrequenzbereiche, welche an dem bestimmten Tag, aufgrund der zu entwickelnden Energiebereitstellungssysteme, zielführend sind.

Es ist für den Betreuer oder Trainer ratsam zusätzlich zu den Diff.-EKG-Messungen auch die HRV und die Omega-Potential-Messungen durchzuführen, um sicher zu gehen, dass alle Systeme des Sportlers korrekt funktionieren.

Schnelligkeits- und Kraftsportler betreiben typischerweise ein betont alaktazid-glykolytisches Training, während hingegen Ausdauersportler ein dominant aerobes Training durchführen.

Ein gut gesteuertes Trainingsprogramm nützt die Effekte der Superkompensation aus, um die Energiebereitstellungssysteme effizient aufzubauen. Es ist bei der Trainingsplanung für den Trainer oder Betreuer wesentlich, die Superkompensationsphasen der drei Energiebereitstellungssysteme aufzuzeichnen.

Während der Grundzyklus von Belastung und Erholung bei den drei Energiebereitstellungssystemen gleich ist, ist die Erholungszeit verschieden. Daher ist es

wichtig, dass alle energetischen Systeme – aerobes, anaerob-laktazid/glykolytisches und anaerob-alaktazid/Kreatin – in ihrem spezifischen Adaptationsverlauf angezeigt werden.

Passendes Training gibt den Systemen des Sportlers die Möglichkeit, durch die fünf folgenden Stufen fortzuschreiten:

Fortlaufende Dekompensation – wenn das energetische System im Training belastet wird

Frühe Kompensation – wenn das energetische System beginnt, sich von der Belastung zu erholen

Super-Kompensation – wenn das energetische System zusätzliche Kapazität aufbaut und so versucht, sich an die Belastung anzupassen

Reduzierte Kapazität – wenn das energetische System auf die Anforderungen der Superkompensationsphasen der Anpassung reagiert

Stabilisation – wenn das neue Niveau der Kapazität erreicht ist

Diese Phasen der Anpassung sind unterhalb grafisch dargestellt.

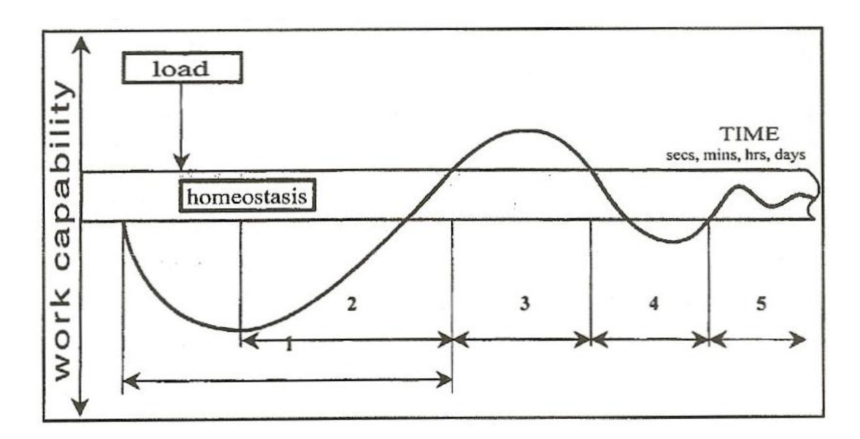


Abb. 10: Die Phasen der Anpassung

Um sich die Effekte der Superkompensation klar und anwendbar zu machen, muss das ausgewählte Energiebereitstellungssystem des Athleten während der Anfangsphase des Trainingszyklus ausreichend belastet werden. Es ist aber auch gleichermaßen wichtig, diesem System die Möglichkeit zu geben, sich vollständig von der Trainingsbelastung zu erholen, bevor eine zusätzliche Belastung dem spezifischen System auferlegt wird.

Nachfolgend wird gezeigt, wie die Diff.-EKG Parameter die Effekte der Belastung, Erholung und Superkompensation darstellen.

#	Correlative Parameters of Energy Metabolism System	Value	Normal range
1	Relative VO_2max index (weight=61kg)	70	58 – 85
2	Aerobic status index	113	110 – 160
3	Anaerobic status index	131	132 – 190
4	Alactic status index	13	12 – 25
5	System's adaptation index	198	195 – 250
6	HR at anaerobic threshold	172	150 – 183

← Beachte den aeroben Index bei 113

#	Correlative Parameters of Energy Metabolism System	Value	Normal range
1	Relative VO_2max index (weight=61kg)	70	58 – 85
2	Aerobic status index	91	110 – 160
3	Anaerobic status index	136	132 – 190
4	Alactic status index	14	12 – 25
5	System's adaptation index	187	195 – 250
6	HR at anaerobic threshold	168	150 – 183

← der Abfall auf 91 wiederspiegelt eine aerobe Belastung

#	Correlative Parameters of Energy Metabolism System	Value	Normal range
1	Relative VO_2max index (weight=61kg)	70	58 – 85
2	Aerobic status index	124	110 – 160
3	Anaerobic status index	141	132 – 190
4	Alactic status index	15	12 – 25
5	System's adaptation index	213	195 – 250
6	HR at anaerobic threshold	174	150 – 183

← die Erholung zum Wert 124 zeigt die Superkompensation

Abb. 11: Die Veränderung der Indexwerte nach einer Belastung, in der Erholungsphase und in der Superkompensationsphase

Die notwendige Zeit der Erholungsphase variiert von Sportler zu Sportler, von Energiesystem zu Energiesystem und von Tag zu Tag im Laufe des ganzen Trainingszyklus. Die Erholung kann Stunden oder Tage dauern, abhängig vom allgemeinen Fitnesszustand des Athleten und der Belastungsdichte, die der Athlet in der Anfangsphase des Trainingszyklus ausgesetzt ist.

Zu beachten ist dabei, dass das angestrebte energetische System, das belastet wurde, nicht noch einmal wesentlich belastet wird, solange es sich nicht auf dem neuen Niveau stabilisiert hat. Wird das energetische System zu früh belastet, wird das neue Leistungsniveau nicht erreicht und es ist wahrscheinlich, dass das Leistungsniveau sogar abfällt.

Wiederholte Anwendung von Belastung auf jedes energetische System, bevor es sich erholen konnte, ist der Beginn eines Übertrainingsprozesses. Früher oder später wird der Sportler unfähig sein, auf dem vorher schon erreichten Niveau zu trainieren oder Wettkämpfe zu bestreiten. Der Sportler ist auch dem Risiko von Krankheit und Verletzung ausgesetzt. Es kann auch nichts dafür getan werden, den Übertrainingsprozess rückgängig zu machen, außer man lässt das überlastete Energiesystem ausreichend erholen.

Die Steuerung des Belastungs-/Erholung-/Superkompensationszyklus kann am besten durch die Aufzeichnung jedes Energiebereitstellungssystems des Athleten durch das OmegaWave Sport Technology® System zustande gebracht werden. Der Vergleich jedes Indexwerts der Diff.-EKG Messung des Athleten mit den Ausgangswerten sagt dem Trainer oder Betreuer, welches energetische System schon erholt ist und daher belastet werden kann. Die Aufzeichnung der Indexwerte nach dem Training zeigt, wie die belasteten Energiesysteme während des Trainings reagiert haben. Die Aufzeichnung der Indexwerte vor der nächsten Trainingseinheit erlaubt dem Trainer oder Betreuer zu sehen, wie sich die energetischen Systeme des Athleten erholt haben.

Wird jeder Athlet auf diese Art und Weise dargestellt, erhält der Trainer oder Betreuer dabei ein Verlaufsbild, wie jeder Athlet als ein einmaliges Individuum auf spezifische Trainingsabläufe reagiert und sich von denen erholt. So wie ein Trainer oder Betreuer Erfahrungen mit einem individuellen Athleten sammelt, wird er oder sie auch fähig sein, den Umfang, die Intensität und die Art der Belastung, die dem angestrebten Energiebereitstellungssystem des Athleten auferlegt werden, abzuschätzen, um das

gewünschte Ergebnis zu erreichen. Der Betreuer oder Trainer wird auch ein Verständnis für die Erholungsverläufe der einzelnen Sportler bekommen.

Ausgestattet mit diesem Verlaufsbild von der Antwort auf und der Erholung von den verschiedenen Arten des Trainings der Athleten, kann der Trainer oder Betreuer Trainingspläne erstellen, die so gestaltet sind, dass sie auf den positiven Effekten der Superkompensation aufbauen und negative Auswirkungen des Übertrainings vermeiden.

Die Aufzeichnung der Trainingsherzfrequenz des Athleten wird immer wichtiger. Aerobes Training verlangt vom Athleten die Einhaltung einer Herzfrequenz genau unter seiner anaeroben Schwellenherzfrequenz. Anaerobes-alaktazides Training wiederum verlangt explosive Aktivitäten von kurzer Dauer. Anaerobes-laktazides Training bedarf einer Erhöhung der Herzfrequenz des Athleten über die Frequenz der anaeroben Schwelle. Regenerationstraining wiederum verlangt vom Athleten, dass die Herzfrequenz mindestens 10% bis 15% unter der anaeroben Schwellenherzfrequenz gehalten wird.

Die Zielherzfrequenzzonen für unterschiedliche Aktivitätsniveaus werden in den Diff.-EKG Ergebnissen dargeboten.

Current State of Energy Supply
System Shows the Following:

1. Sufficient functional reserves.
2. Moderate speed of recovery process.
3. Low resistance to oxygen deficiency.
4. Moderate aerobic potential.

Training Intensity Zones (HR)

Anaerobic development	179 - 199
Anaerobic maintenance	170 - 182
Aerobic development	159 - 174
Aerobic maintenance	143 - 160
Increase of cardiac output Recovery stimulation	117 - 146
Recuperation	102 - 118

Abb. 12: Herzfrequenzzielzonen für verschiedene Intensitätsbereiche

4.3 Theoretischer Überblick

Das OmegaWave Sport Technology® System wurde ursprünglich als Instrument zur Verbesserung der sportlichen Leistung entwickelt. Das OmegaWave Sport Technology® System sammelt und analysiert Informationen der Herzfrequenzvariabilität, des Energiestoffwechsels und des Omega Potentials. Zusammengefasst geben diese Methoden Auskunft über Anpassungsprozesse des Herz-Kreislaufsystems, der Stoffwechselsysteme, die die Grundlage für die Leistungsfähigkeit und Kapazität sportlicher Leistung schaffen,

und anderer Systeme, die die sportliche Leistungsbereitschaft beeinflussen und /oder mit Nachwirkungen der Leistungserbringung in Zusammenhang gebracht werden.

Die Methoden, die beim OmegaWave Sport Technology® System angewendet werden, wurden ausgiebig erforscht. Die Entwickler des Systems entwickelten die Analysen, die in einigen Methoden verwendet werden, weiter und fügten ein „Expertensystem“ dazu, damit Messungen in einem brauchbaren Format präsentiert werden.

Die OmegaWave Sport Technology® System Tests wurden wie folgt validiert:

- Gleichzeitige Auswertungen mit herkömmlichen Aufzeichnungsmethoden, bei denen direkte Testmethoden vorgekommen sind.
- Zusammenhänge in Veränderungen spezifischer Systemwerte mit Veränderungen in messbaren Leistungen von Athleten.
- Direkte Beobachtungen der Verläufe von Veränderungen spezifischer Systemwerte mit Veränderungen im Training oder der Leistungserbringungen von Athleten.
- Selbstberichte von Athleten über die beobachtete Trainings-, Leistungs- oder Erholungsfähigkeit, die in Zusammenhang mit spezifischen Veränderungen in spezifischer Systemwerten oder Veränderungsverläufen von spezifischen Systemwerten gebracht wurden.

Zwischen 1982 und 2000 wurden mehr als 2000 Profisportler, von denen viele bei Olympischen Spielen, Welt- und Europameisterschaften sowie verschiedenen Nationalen Meisterschaften teilgenommen haben, mit der Technologie getestet, die schließlich zur Entwicklung des OmegaWave Sport Technology® Systems geführt hat. Mehr als 10000 Individualmessungen wurden durchgeführt. Die beobachteten Zusammenhänge und die Leistungen der Athleten passen zusammen. Die beobachteten Zusammenhänge zwischen den langfristigen Verlaufsveränderungen der Testergebnisse eines Athleten und die Verläufe der Veränderungen der Trainings- und Erholungsfähigkeit stimmen auch überein. Seit das OmegaWave Sport Technology® System im Jahr 2000 auf den Markt gebracht wurde, sind tausende zusätzliche Sportler mit dieser Technologie getestet worden. Gültigkeitsstudien wurden vom Niederländischen Olympischen Komitee, der University of Calgary Human Lab und anderen OmegaWave-Anwendern durchgeführt.

Während das OmegaWave Sport Technology® System ursprünglich für den Gebrauch im Leistungssport entwickelt wurde, kann es aber auch in anderen Fitness- und

Gesundheitsvorsorgebereichen Anwendung finden. Zusätzliche Untersuchungen zur Entwicklung von Normwerten für andere Personengruppen sollten noch durchgeführt werden.

4.3.1 Die theoretische Grundlage der Energiestoffwechsel Auswertungen

Die OmegaWave Sport Technology® System-Analysen des Funktionsstatus des Energiestoffwechselsystems gehen von den Annahme aus, dass energetische Prozesse in der Herzmuskelzelle unter Bedingungen von relativer Ruhe, ähnlich den Prozessen des Energieaustausches in der arbeiteten Skelettmuskelzelle sind. Es wurden empirische Daten erhoben, die den Zusammenhang zwischen den Frequenzabläufen der Depolarisation der rechten und linken Herzkammer mit den Stoffwechselindikatoren der anaeroben und aeroben Komponenten der körperlichen Leistungsfähigkeit bestätigen.

Das OmegaWave Sport Technology® System verwendet Messungen einer Differential-EKG-Analyse, um daraus die indirekte Auswertung der Grundparameter des Energiestoffwechsels ableiten zu können. Gleichzeitige Tests wurden in Bezug auf die Systemwerte durchgeführt, die den direkten Messungen des Funktionsstatus entsprochen haben. Im Folgenden wird der Pearson Korrelationskoeffizient für die gleichzeitig vergleichenden Tests angegeben.

- VO_2max Indes = 0,83 (eine Korrelation von 0,89 bis zu 0,90 wurde durch eine verfeinerte Berechnung erreicht, jedoch sollte diese Verbesserung durch zusätzliche Belastungstests verifiziert werden)
- Herzfrequenz an der anaeroben Schwelle = 0,71 bei einer Fehlerquote von 3%
- Alactic Status Index = 0,60 mit Messungen der alactaziden Energieversorgung

Bestätigungen der Reliabilität anderer Werte des OmegaWave Systems in Bezug auf den Energiestoffwechsel, für die keine direkten Tests herangezogen wurden, wird durch Zusammenhänge in Veränderungen der spezifischen Indexwerte mit messbaren Leistungen der Athleten erreicht (d.h. steigende Werte entsprechen verbesserten Zeiten, die bei großen Wettkämpfen erhoben wurden und sinkende Werte entsprechen langsameren Zeiten bei

großen Wettkämpfen). Diese Methode der Zusammenhänge wurde für die folgenden Testungen herangezogen:

- Anaerobic Status Index
- System's Adaptation Index

4.3.1.1 Energiebereitstellungssysteme

Das Ziel jeglichen physischen Trainings ist die Erhöhung der individuellen physischen Leistungsfähigkeit. Da es nicht möglich ist Arbeit zu verrichten ohne dabei physikalische Energie zu verbrauchen, hängt die Fähigkeit wesentliche muskuläre Arbeit zu leisten, zu einem Großteil von der Entwicklung der bio-energetischen Kapazität des Individuums ab.

Die Bereitstellung der Energie während muskulärer Arbeit wird auf Wegen erreicht:

- Aerob – durch den Verbrauch von Sauerstoff beim Verbrennungsprozess
- Anaerob – ohne den Verbrauch von Sauerstoff beim Verbrennungsprozess

Der anaerobe Stoffwechsel seinerseits wird wieder auf zwei Wegen bewerkstelligt:

- Anaerob-alaktazid – durch Kreatinphosphat
- Anaerob-laktazid – durch die Glykolyse

Mechanismen der Energiebereitstellung		Verbrennungs-prozesse	Verbrennungs-substrate	Verbrennungs-produkte	Welche physiologischen Eigenschaften dabei von Nöten sind
AEROB		*Mit der Beteiligung von Sauerstoff* (d.h.: unter aeroben Bedingungen)	*Kohlehydrate* *Fette*	*H_2O und CO_2*	*Allgemeine Ausdauer*
ANAEROB	***ALAKTAZID*** **(Kreatinphosphat)**	*Ohne der Beteiligung von Sauerstoff* (d.h.: unter anaeroben Bedingungen)	*Kreatinphosphat*		*Schnelligkeit und Schnellkrafteigenschaften*
	LAKTAZID **(Glykolyse)**	*Ohne der Beteiligung von Sauerstoff* (d.h.: unter anaeroben Bedingungen)	*Glykogen*	*Milchsäure (Laktat)*	*Schnelligkeitseigenschaften*

Abb. 13: Komponenten der Energiebereitstellung

Herkömmlicher Weise kann jedes der oben aufgelisteten Komponenten der Energiebereitstellung anhand von zwei Faktoren beschrieben werden: ***Leistung*** und ***Kapazität.***

- Die ***Leistung*** des energetischen Systems – bestimmt durch die maximale Arbeitsintensität, die ein Individuum leisten kann.
- Die ***Kapazität*** des energetischen Systems – bestimmt durch den maximalen Arbeitsumfang, den ein Individuum leisten kann.

Daher ist es für die weitest reichende Erhebung der physischen Leistungsfähigkeit notwendig, Indikatoren der ***Leistung*** und der ***Kapazität*** für den *AEROBEN, ALAKTAZIDEN und GLYKOLYTISCHEN (LAKTAZIDEN) Mechanismus* der Energiebereitstellung zu bestimmen.

Bis dato wurden Energiestoffwechselsysteme unter Laborbedingungen durch qualifiziertes Personal gemessen. Energetische Systeme wurden mit Hilfe maximaler Belastungstests und Atemgasanalysen, biochemischen Analysen von Blutproben und fallweise Gewebsbiopsien gemessen.

Ausgehend von diesen traditionellen Methoden wurden die folgenden Indizes des Energiestoffwechsels aufgestellt:

- Ein anerkannter Indikator für die ***Leistung*** des *AEROBEN* Energiebereitstellungssystems ist die *VO_2max.* Das ist die absolute maximale Sauerstoffaufnahme (in Liter/Minute oder als relative Größe in Milliliter/Minute/Kilogramm Körpergewicht), die ein Individuum während eines Belastungsstufentests fähig ist zu erbringen. *VO_2max* beschreibt die „Grenze" der individuellen Fähigkeit, Sauerstoff zu verstoffwechseln.
- Ein Indikator für die ***Kapazität*** der *AEROBEN* Energiebereitstellung ist die absolute Zeit, in der die maximale Sauerstoffaufnahme beibehalten werden kann – gemessen in Minuten während eines Belastungsstufentest.
- Ein Indikator für die ***Leistung*** der *ALAKTAZIDEN* Energiebereitstellung ist die absolute Leistung bei maximaler Belastung, bei einer Dauer, die zehn Sekunden nicht überschreitet, angegeben in Watt oder die relative Größe dieser Belastung in Bezug auf das Körpergewicht des Individuums in Watt/Kilogramm Körpergewicht.
- Ein Indikator für die ***Kapazität*** der *ALAKTAZIDEN* Energiebereitstellung ist die absolute Größe des alaktaziden Anteils der Sauerstoffschuld in Liter oder die relative Größe dieses Anteils in Bezug auf das Gewicht des Individuums, angegeben in Milliliter/Kilogramm Körpergewicht.
- Ein Indikator für die ***Leistung*** des *GLYKOLYTISCHEN (LAKTAZIDEN)* Mechanismus der Energiebereitstellung ist die absolute Leistung bei maximaler Belastung bei einer Dauer, die eine Minute nicht überschreitet, angegeben in Watt oder die relative Größe dieser Leistung in Bezug auf das Gewicht der Testperson in Watt/Kilogramm Körpergewicht.
- Ein Indikator für die ***Kapazität*** der *GLYKOLYTISCHEN (LAKTAZIDEN)* Energiebereitstellung ist die maximal erreichte Laktathöhe im Blut gemessen in Millimol/Liter zum Zeitpunkt des Belastungsabbruchs während eines Belastungstests.
- Ein wichtiger Indikator für die individuelle Energiebereitstellung ist auch Höhe der *anaeroben Schwelle (TANE)* als ein Prozentwert der VO_2max. Dieser Indikator ist das aussagekräftigste Merkmal der ***Leistungsfähigkeit*** des aeroben

bioenergetischen Systems, da es den *Beginn* der Aktivierung des *anaerob-laktaziden (glykolytischen)* Prozesses der Energieproduktion beschreibt.

4.3.1.2 Energiestoffwechsel Auswertungen – die Bandbreite der Ergebnisse

Die Entwickler des OmegaWave Sport Technology® System s führten experimentelle Untersuchungen und statistische Analysen durch um Normwerte für die Indexwerte des Systems aufzustellen. Von diesen Forschungen und Analysen haben sich Ergebnismuster heraus entwickelt.

4.3.1.3 Beispiel eines gut funktionierenden Energiestoffwechsels

Im Folgenden werden Beschreibungen gut funktionierender Energiestoffwechselsysteme für die Altersgruppe der 18- bis 35-jährigen präsentiert:

- VO_2max Index – (58 – 85)
- Aerobic Status Index – (110 – 160)
- Alactic Status Index – (12 – 25)
- Anaerobic Status Index – (132 – 190)
- System's Adaptation Index – (195 – 250)
- HR at anaerobic threshold – (150 – 183)

Im Verlauf des Trainings verändern sich die Indexwerte in dynamischer Art und Weise aufgrund der Auswirkungen der spezifischen Trainingsphase. Bei genauerer Betrachtung der Verlaufsveränderungen der Indexwerte kann ein Trainer oder Betreuer die Anpassungs- oder Nicht-Anpassungsreaktionen des Athleten aufgrund des Trainings erkennen. Auf diese Weise kann das Training effizient gestaltet werden.

Ausgangsindexwerte, die ermittelt worden sind, nachdem ein Sportler sich vollständig erholen und regenerieren konnte, beschreiben das natürliche Potential und den aktuellen Fitnesszustand des Athleten. Indexwerte, die vor dem Training ermittelt werden,

reflektieren die Anpassung des Athleten und die Erholung vom vorhergehenden Training. Indexwerte, die unmittelbar nach einer Trainingseinheit erhoben werden, zeigen die Auswirkungen der Trainingseinheit auf das energetische System des Athleten.

Dieses dynamische Bild der Auswirkungen von Belastung und Erholung erlauben dem Trainer oder Betreuer Trainingsprogramme zu individualisieren, die an die adaptativen Prozesse des Athleten angepasst sind. Energiesysteme, die entwickelt werden sollten, können leicht erkannt werden. Die Auswirkungen der Trainingsbelastung auf diese Systeme kann abgebildet werden und dadurch wird Systemen die Möglichkeit eingeräumt, sich vollständig zu erholen, bevor sie im Training wieder belastet werden.

Diese aktive Gestaltung von Belastung und Erholung wird dem Trainer oder Betreuer die Möglichkeit geben, zu vermeiden, dass ein Athlet in eine Nicht-Anpassung und Verschlechterungszyklus von Übertraining hineinschlittert. Es erlaubt den energetischen Systemen des Athleten sich durch die effektive Gestaltung von Belastung und Erholung aufgrund von gelungener Anpassung durch die Superkompensation zu verbessern.

Bitte beachten: Bei bestimmten Pathologien (namentlich genannte, WPV-Syndrom, eine vollständige Blockade des Gisa Zweigs, eine ausgeprägte Hypertrophie des linken Ventrikels) oder wenn ein S-Typ-EKG vorliegt, werden die Indexwerte nicht mit den statistisch festgesetzten Normwerten korrelieren. In solchen Fällen kann ein brauchbares Bild der Anpassung im Veränderungsverlauf der Indexwerte erhalten werden, aber nicht wie sich die individuellen Werte in Bezug auf die Normwerte verhalten.

Zusätzliche Informationen über das energetische System eines Individuums können durch physische Belastungstests erhalten werden. Während physischer Belastungen zwischen sechs und zehn Sekunden ist die vorrangige anaerobe metabolische Energiequelle *alaktazid (Kreatinphosphat).* Während physischer Belastungen von 60 Sekunden Dauer ist die vorrangige metabolische Quelle der Energieproduktion *laktazid (Glykolyse).*

Wenn man spezielle Tests zwischen 10 und 60 Sekunden aufzeichnet, ist es möglich, daraus die ***Leistung*** des *alaktaziden* und *laktaziden* Energiebereitstellungssystems des Individuums zu errechnen. Das OmegaWave Sport Technology® System benützt Energieverlust-Rechnungen von Sprungtests als einen Maßstab für die ***Leistung*** des *alaktaziden* und *laktaziden* Energiebereitstellungssystems.

Der **Alactate Status Index** des Systems zeigt einen Pearson Korrelationskoeffizienten von 0,77, wenn er mit herkömmlichen Messungen der alaktaziden Energieproduktion verglichen wird.

Der **Lactate Status Index** des Systems zeigt einen Pearson Korrelationskoeffizienten von 0,71, wenn er mit herkömmlichen Messungen der laktaziden Energieproduktion verglichen wird.

4.4 Anhang III

4.4.1 Bandbreite der Ergebnisse

Im Folgenden wird die Bandbreite der Ergebnisse dargestellt, die aus den Diff.-EKG Auswertungen erhalten werden können.

4.4.1.1 Aktueller Status des Energiebereitstellungssystems

Funktionelle Reserve:

- Ausreichende funktionelle Reserve
- Eingeschränkte funktionelle Reserve

Erholung:

- Rasche Geschwindigkeit der Erholungsprozesse
- Moderate Geschwindigkeit der Erholungsprozesse
- Langsame Geschwindigkeit der Erholungsprozesse

Toleranz von Sauerstoffmangel:

- Hohe Fähigkeit ein Sauerstoffdefizit zu tolerieren
- Moderate Fähigkeit ein Sauerstoffdefizit zu tolerieren
- Geringe Fähigkeit ein Sauerstoffdefizit zu tolerieren

Aerobes Potenzial:

- Großes aerobes Potential
- Mittleres aerobes Potential
- Geringes aerobes Potential

5 Diskussion der theoretischen Grundlagen der Energiestoffwechsel-Auswertungen

Vom Hersteller existieren keine schriftlichen Literaturangaben zu den theoretischen Grundlagen der EKG ermittelten Aussagen über die metabolischen Funktionszustände. Aufgrund mündlicher Nachfragen bei Omega Wave wurde jedoch auf die Methoden der signalgemittelten EKG-Auswertungen hingewiesen, die demnach in diesem Kapitel kurz beschrieben werden sollen.

In der kardiologischen Diagnostik werden Verfahren der signalgemittelten EKG-Analyse zur Vorhersage von eventuellen Komplikationen (ventrikulären Arrhythmien) nach Infarkten verwendet (Fetsch, 1999; Breithardt, Cain, el-Sherif, Flowers, Hombach, Janse, Simson & Steinbeck, 1991). Da aufgrund von zerstörten Arealen im Myokardgewebe die elektrische Leitung des Erregungspotentials verzögert wird oder gänzlich wegfällt, werden im hochaufgelösten signalgemittelten EKG sogenannte „ventrikuläre Spätpotentiale" nachgewiesen (Fetsch, 1999). Fetsch (1991, S. A-2444) schreibt dazu: „Ventrikuläre Spätpotentiale sind definiert als niederamplitudige, fraktionierte Potentiale am Ende des QRS-Komplexes (QRS, Kammererregung im EKG), die sich sowohl vom QRS-Komplex als auch vom umgebenden Rauschpegel abgrenzen lassen." Breithard et al. (1991, S. 1481) beschreiben, dass die Prävalenzdaten anormaler Signale in diesem Zusammenhang in der Literatur zu finden sind, die zwischen 60% und 90% liegen, je nachdem, welche Methoden der Signalermittlung verwendet wurden, wie Spätpotentiale definiert und welche Patientengruppen untersucht wurden. Umgekehrt ist die berichtete Inzidenz von abnormen Signalen bei Personen ohne kardiale Erkrankungen recht niedrig (zwischen 0% und 7%), wenn im Wesentlichen die gleichen Untersuchungstechniken angewendet wurden (Breithard et al. 1991, S. 1481). Ein Task Force Committee der European Society of Cardiology, der American Heart Association und des American College of Cardiology hat daher 1991 Standards für die Analyse von ventrikulären Spätpotentialen herausgegeben, damit Untersuchungen über abnorme EKG-Signale vergleichbar sind. Seitdem werden drei Parameter zur Detektion von Spätpotentialen allgemein akzeptiert, wie Fetsch (1999, S. A-2443) berichtet: „Die Dauer des signalgemittelten und gefilterten QRS-Komplexes (QRSd), die Dauer des terminalen niederamplitudigen Signals (LAS40) und die mittlere Signalamplitude der terminalen 40 msec des QRS-Komplexes (RMS40). Ventrikuläre

Spätpotentiale sind vorhanden, wenn mindestens zwei der drei Parameter pathologische Werte zeigen.“ Die pathologischen Grenzwerte der drei Parameter werden demnach vom oben genannten Task Force Committee wie folgt festgelegt: QRSd > 114ms, LAS40 > 38ms, RMS < 20 µV. (Breithard et al. 1991; Fetsch, 1999, S. A-2444)

Vacek, Wilson, Botteron und Dobbins (1990) propagieren die signalgemittelte EKG-Analyse auch zur Bestimmung der linksventrikulären Masse, die zur Beurteilung von mehreren kardiovaskulären Erkrankungsverläufen nützlich ist. Genaue ‚left ventricular (LV) mass‘-Ermittlungen werden üblicherweise echokardiografisch durchgeführt, sollen aber mittels SAECG (Signal-averaged electrocardiography) weniger aufwendig, zeitökonomischer und billiger sein. Das SAECG muss allerding hinsichtlich der Aufbereitung der EKG-Daten modifiziert werden, um signifikante Korrelationen mit den Messungen des Echokardiogramms zu erhalten (Vacek et al., 1990, S. 962). Okin, Donnelly, Parker, Wallerson, Magid, und Kligfield, (1992) bestätigen in ihren Untersuchungen an Hasen die verbesserten Korrelationen der modifizierten EKG-Ergebnisse mit der ‚LV mass‘ und halten fest, dass diese adaptierten Messverfahren die Genauigkeit der EKG-Methoden zur Erkennung von linksventrikulärer Hypertrophie erhöhen können (Okin et al., 1992, S. 118).

Diese Aussagen betreffen hauptsächlich die Relevanz der signalgemittelten EKG-Werte im medizinisch diagnostischen Bereich und sind daher auch auf das entsprechende Klientel anzuwenden.

Biffi, Verdile, Ansalone, Spataro, Spada, Fernando, Caselli und Santini (1999) hingegen untersuchten 153 männliche Hochleistungssportler ohne diagnostizierte Herzerkrankungen in Bezug auf das Vorkommen von SAECGs und Zusammenhänge von SAECG-Parametern mit LV mass. Die Prävalenz von abnormen SAECG-Parametern war mit 5,8 - 7,2% recht gering, wobei hingegen das Vorkommen von erhöhter linksventrikulärer Masse bei 37% der Sportler festzustellen war. Die Verteilung von abnormen SAECGs war in Bezug auf die Personen mit normaler LV mass und erhöhter LV mass gleich (Biffi et al., 1999, S. 360). Diese Autorengruppe um Biffi (1999) berichtet in ihrer Arbeit den fehlenden Zusammenhang von abnormen SAECGs und erhöhter LV mass. Vielmehr unterstützen sie folgende Auffassung (Biffi et al., 1999, S. 361): „The present study supports the argument that the athlete’s heart is due to a sole physiologic increase of volume of myocardial cells, without significant areas of fibrosis or pathologic conditions as the possible origin of ventricular late potentials.“

Eine japanische Studie (Moroe, Kimoto, Inoue, Annoura, Oku, Arakawa, Hiroki, Kiyonaga, Mukaino, & Shindo, 1995) befasste sich mit dem Auftreten von abnormen SAECGs bei jungen Athleten (796 Probanden, Durchschnittsalter 19 Jahre) und den Zusammenhängen mit der Art der Belastung, der die Sportler/innen hauptsächlich ausgesetzt waren. 8,5% der Untersuchten wiesen abnorme SAECG-Parameter auf, wobei keine klinisch pathologischen Befunde diagnostiziert wurden. Es gab auch keine Unterschiede der zwei Gruppen hinsichtlich Geschlecht, Ruheherzfrequenz, Dauer des QRS-Komplexes oder der Dauer der Belastung. Die Personen mit abnormen SAECGs hatten jedoch eine signifikant kleinere ‚LV mass', die mittels Echokardiographie erhoben wurde. In Bezug auf die Sportarten waren beim Gewichtheben (33%), gefolgt vom Hochspringen (23%), Diskuswurf (21,7%), Fußball (15,6%) und Sprintlauf (12,5%) die höchsten Vorkommen von abnormen SAECGs anzutreffen. Langstreckenlauf (3,6%), Basketball (2,6%) und Judo (2,4%) wiesen die niedrigsten Inzidenzen auf (Moroe et al. 1995, S. 252). Auf die Art der dominant beanspruchten Energiebereitstellung bei der Sportausübung bezogen, betrugen in dieser Studie die Inzidenz von abnormen SAECGs 15,4% bei anaeroben Belastungen und 2,1% bei aeroben Belastungen (Moroe et al. 1995, S. 253). In Bezug auf die Veränderungen von Herzparametern bei verschiedenen dominanten Belastungsformen stellen Moroe et al. (1995, S. 253f) fest:

> „Our study of young athletes showed that that bradycardia, prolonged PR interval, left ventricular hypertrophy and large cardiac dimensions were associated with aerobic exercise. …subjects who participated in anaerobic exercises had a smaller left ventricular mass than those who participated in aerobic exercises. …Continuous anaerobic exercise may induce an abnormal SAECGs through the development of delayed myocardial conduction or electrical inhomogeneity in cardiac tissue. "

Diese Annahme über den Grund der Entwicklung von abnormen SAECGs bei anaeroben Belastungen stützen Moroe et al. (1995) auf Untersuchungen von Bekaert (1986), Breithardt et al. (1991) und Turrito et al. (1988) (zit.n. Moroe et al., 1995, S.254).

Sowohl die soeben beschrieben Studie, als auch die Studie von Smith, Vacek, Wilson, Hawkins und Boyer (1989) wurden eigentlich aus Gründen der Abklärung und Vorhersage von ventrikulärer Arrhythmien und plötzlichem Herztod bei Sportlern durchgeführt. Die Untersuchungsergebnisse beinhalten jedoch auch interessante Aussagen über die Diagnostik von Veränderungen in Parametern der Erregungsleitung des Herzmuskels und daraus abgeleitete Rückschlüsse auf körperliche Beanspruchungsformen. Diese könnten in der Beurteilung von metabolischen Funktionszuständen und deren Veränderung durch

Belastung zur Anwendung kommen, müssten aber durch weitere Studien differenzierter untersucht werden.

Smith et al. (1989) untersuchten 30 Marathonläufer einen Tag vor, unmittelbar nach dem Zieleinlauf und ein bis zwei Wochen nach einem Marathonlauf in Bezug auf ventrikuläre Spätpotentiale. Die drei SAECG-Parameter zur Identifizierung von ventrikulären Spätpotentialen waren vor dem Rennen ‚normal'. Unmittelbar nach dem Zieleinlauf zeigten die Parameter QRSd, LAS40 und RMS sogar „bessere" Werte an, die sich nach einer Erholungszeit von ein bis zwei Wochen wieder auf die Ausgangswerte einpendelten (Smith et al., 1989, S. 1200). Die Autoren fassen zusammen, dass Langzeit-Ausdauerbelastungen im Fall des Marathons keine negativen Veränderungen von SAECG-Parametern zur Identifikation von Spätpotentialen hervorrufen. Vielmehr haben sich die Werte unmittelbar nach dem Rennen sogar verbessert (Smith et al., 1989, S. 1201).

Diese so genannte ‚Verbesserung' der Parameter könnte auch Ansatzpunkt der Untersuchungen von OmegaWave Sport Technologies® sein, die bei den theoretischen Grundlagen ihrer Messungen angeben: „Empirische Daten wurden erhoben, die den Zusammenhang zwischen den Frequenzabläufen der Depolarisation der rechten und linken Herzkammer mit den Stoffwechselindikatoren der anaeroben und aeroben Komponenten der körperlichen Leistungsfähigkeit bestätigen." (zit.n. Operating Manual von Omega Wave Technologies®, 2004 S. 83).

Ähnlich wie Smith et al. (1989) kamen auch Warburton, Welsh, Haykowsky, Taylor, Humen und Dzavik (2000) zu dem Ergebnis, dass Langzeit-Ausdauerbelastungen keine Spätpotentiale hervorrufen. Bei den letzt genannten Autoren gab es keine signifikanten Veränderungen der SAECG-Parameter bei den Messungen vor (48-72 Stunden), kurz nach (2-3 Stunden) und 24-48 Stunden nach dem Zieleinlauf eines Halb-Ironman-Triathlons mit den Distanzen 2km Schwimmen, 90km Radfahren und 21km Laufen. Bei der Probandengruppe von neun männlichen Sportlern wurde eine moderate Korrelation ($r = 0,67$, $P < 0,05$) von LV mass und der Dauer des QRS-Komplexes, ein von drei Parametern in der Spätpotentialdiagnostik nachgewiesen (Warburton et al., 2000 S. 1210). In Bezug auf die unterschiedlichen Ergebnisse bei den SAECG-Messungen unmittelbar nach dem Ausdauerwettkampf geben Warburton et al. (2000, S. 1211) an: „Smith et al. (1989) acquired SAECG approximately 20 min after the race, whereas we measured SAECG on our athletes 2-3 h after the completion oft he triathlon." Demnach halten es Warburton et al. (2000, S. 1211) für möglich, dass durch die verzögerte Messungen zwei bis drei

Stunden nach Wettkampfende die Effekte der belastungsindizierten Veränderungen der Herzfrequenz und des autonomen Nervensystems vermieden wurden.

Eben genannte Autoren (Warburton et al. 2000, S. 1211f) vermuten aufgrund ihrer Ergebnisse und Untersuchungen anderer Autoren (Douglas et al., 1986,1987 und1990; Smith et al., 1989; zit.n. Warburton et al. 2000, S. 1211f), dass die Dauer und/oder die Art eines Wettkampfes eine Auswirkung auf die Entstehung von kardialer Ermüdung und Spätpotentialen haben (Warburton et al. 2000, S. 1212). In Bezug auf elektrische Frequenzabläufe im Herzmuskel nach körperlicher Belastung, wie OmegaWave dies unter anderem als Ausgangspunkt ihrer Untersuchungen angibt, erklären Warburton et al. (2000 S. 1212): „The presence of LP's (late potentials) in two of nine athletes after an ultra-endurance event may indicate that prolonged, strenuous exercise may result in electrical instability within the myocardium of athletes who perform these activities."

In einer weiteren Studie an 13 weiblichen Triathletinnen konnten Warburton, McGavock, Welsh, Haykowsky, Quinney, Taylor und Dzavik, (2003) die Ergebnisse der Studie von Warburton et al. (2000) bestätigen und keine neuen Erkenntnisse sammeln.

Interessant hinsichtlich der Vorhersage der VO_2max, die OmegaWavebei den Auswertungen des Diff.-EKG auch angibt, ist eine Studie von Marocolo, Nadal und Benchimol-Barbosa (2007), die anhand von Parametern der Herzfrequenzvariabilität (Mean-RR und RMSSD) und Ergebnissen der SAECGs (LAS40 und RMS40) Berechnungen zur Vorhersage von VO_2max-Werten anstellten.

Aufgrund der Veränderungen von elektrischen und autonomen Eigenschaften der Aktivierung des Herzens, die durch HRV-Messungen und SAECGs nachgewiesen wurden (Moore & Korzick, 1995; Levi et al. 1998; Koutlianos, 2004; zit.n. Marocolo et al. 2007, S. 205) stellten Marocolo et al. (2007, S. 205) Regressionsberechnungen auf, die die VO_2max mit einer Signifikanz von $P < 0{,}05$ vorhersagen. Sowohl bei hochtrainierten Ausdauerathleten als auch bei Normalpersonen konnten diese Berechnungen erstellt werden. Anzumerken ist der Umstand, dass die VO_2max-Werte aufgrund eines absolvierten 12-Minuten Cooper Tests geschätzt und nicht direkt durch eine Spiroergometrie gemessen wurden. Marocolo et al. (2007) heben besonders den Wert der RMS40 des SAECGs hervor, da dieser eine hohe positive Korrelation ($r = 0{,}77$) zu den VO_2max Werten aufweist und deuten diesen Zusammenhang als einen Effekt des erreichten konditionellen Niveaus. In ihrer Studie waren die Parameter der SAECGS und

der HRV in der Lage, genaue Klassifizierung von trainierten und untrainierten gesunden Personen, bezugnehmend auf die VO_2max, vorzunehmen. Wie genau man Veränderungen durch Trainingsreize mit den zuvor beschriebenen Parametern ermitteln kann, führen Marocolo et al. (2007, S.206) am Ende ihres Berichts an: „We conclude that the SAECG represents a potential method to predict the state of aerobic conditioning of trained athletes.“

Es finden sich anhand dieser Literaturrecherche einige Hinweise dahingehend, dass sich sportliche Belastungen auf Parameter der elektrischen Erregungsleitung des Herzens auswirken (Smith et al., 1989; Moroe et al., 1995; Warburton et al., 2000; Warburton et al., 2003; Marocolo et al., 2007). Da sich die meisten davon aber nur mit der Abklärung von pathologischen Veränderungen der SAECG-Werte aufgrund von langandauernden, anstrengenden Belastungen oder Veränderungen durch langjähriges sportliches Training beschäftigten, sind Methoden bzw. Berechnungsgrundlagen zur Diagnostik von Beanspruchungsreaktionen von Trainingsbelastungen und Vorhersage von energetischen Funktionszuständen recht rar. Einzig die Studie von Marocolo et al. (2007) zur genauen Berechnung der VO_2max aus Ermittlungen von SAECG-Parametern lassen darauf schließen, dass Möglichkeiten existieren, um auch andere leistungsbeeinflussende Merkmale, die durch Training in ihrer Homöostase gestört werden, anzuzeigen bzw. einzuschätzen. Somit bleibt die genaue Klärung der wissenschaftlichen Hintergründe zu den Berechnungen und Interpretationen des OmegaWave Sport Technology® Systems offen und bedarf detaillierter Recherchen der theoretischen Hintergründe bei den Systementwicklern von OmegaWave zur fundierten wissenschaftlichen Abklärung.

6 Empirischer Teil

6.1 Untersuchungskollektiv

Getestet wurden fünf männliche Leistungssportler, die zum Zeitpunkt der Untersuchungen allesamt Mitglieder der Elite-Herren bzw. Junioren-Nationalmannschaft im Orientierungslauf (OL) waren. Die Sportler trainierten in einem OL-Leistungszentrum und führten auch die drei Trainingswochen der Testphase großteils gemeinsam durch. Das Durchschnittsalter der Sportler betrug zum Zeitpunkt der Messungen 22 ± 2,5 Jahre. Die anthropometrischen Daten sind in Tabelle 1 zusammengefasst.

Tabelle 1: Anthropometrische Daten der untersuchten Athleten

Athleten	Proband#1	Proband#2	Proband#3	Proband#4	Proband#5
Gewicht (kg)	70	75	72	78	80
Größe (m)	1,80	1,83	1,81	1,93	1,89
BMI	21,6	22,4	22,0	20,9	22,4
Fettgehalt % (Calliper 10-Punktmessung)	10,1	6,5	7,1	6,9	9,7

Die durch regelmäßige sportmedizinische Untersuchungen bestätigte Tauglichkeit zur leistungssportlichen Ausübung ihrer Sportart lassen auf einen allgemeinen positiv attestierten Gesundheitszustand schließen. Zusätzlich wurden alle Athleten in Bezug auf ihren aktuellen Gesundheitszustand hin befragt und es gab diesbezüglich keine bedenklichen Äußerungen seitens der Athleten und deren Trainer.

Während vier Athleten (Proband#1,2,3,5) schon mehrere Jahre gemeinsam ein systematisches Leistungstraining absolviert haben, wurde der jüngste Sportler (Proband#4) erst wenige Monate vor den Testungen in die Trainingsgruppe aufgenommen und musste sich erst an ein systematisches Leistungstraining gewöhnen. Alle Athleten betrieben zum Zeitpunkt der Untersuchung schon seit mehreren Jahren (zwischen sieben und zwölf Jahren) den OL-Sport leistungsmäßig und hatten sich auch in den Jahrestrainingsumfängen

den internationalen Standards im OL-Spitzensport angepasst. In Tabelle 2 sind die Jahrestrainingsumfänge der Athleten der Jahre 2005 bis 2007 aufgelistet. Jahrestrainingsumfänge zwischen 550 und 600 Stunden pro Jahr sind laut Angaben der OL-Trainer im internationalen Topbereich üblich, wobei vereinzelt auch bis zu 700 Stunden trainiert wird. Diese Angaben decken sich auch mit den Angaben in der Literatur, wo die Jahrestrainingsumfänge als Kriterium für die Einteilung in Leistungskategorien herangezogen werden und daher „gute Sportler" mit 300-400 Stunden, Spitzensportler mit 400-500 Stunden und Weltklassesportler mit 500-700 Trainingsstunden pro Jahr im Lauf-Ausdauersport definiert werden (Sleamaker 1996, S.103; Zintl & Eisenhut, 2001, S. 190f; Neumann, Pfützner & Berbalk, 2007, S. 125ff).

Tabelle 2: Jahrestrainingsumfänge der Athleten von 2005 bis 2007

Jahr	Trainingsstunden pro Jahr				
	Proband#1	Proband#2	Proband#3	Proband#4	Proband#5
2005	489	591	600	290	467
2006	370	557	453	320	436
2007	490	527	455	376	447

Es ist bei der Beurteilung der Jahresumfänge zu beachten, dass es im OL-Sport aufgrund der hohen orthopädischen Belastung beim Querlaufen und der immer stetig ansteigenden Spezialisierung im langfristigen Leistungsaufbau zu einem Rückgang der Jahrestrainingsumfänge zu Gunsten höherer Qualitäten, vor allem durch Läufe im Gelände, kommt.

Auch die Geschwindigkeit von 5,0 m/s an der anaeroben Schwelle (4mmol/l) bei nahezu allen Athleten, gemessen bei einer Laufbandergometrie (Beginn: 10km/h, Zeitinkrement: 3min, Belastungsinkrement: 2km/h, Bandneigung: 1,0%) im Jahr 2007, deuten auf hoch ausdauertrainierte Probanden hin, wenn man sie nach den Richtwerten von Rost und Hollmann (1982, S. 124; zit.n. Zintl & Eisenhut, 2001, S.164), die in Tabelle 3 ersichtlich sind, einteilt.

Tabelle 3: Richtzeiten für Laufgeschwindigkeiten an der anaeroben Schwelle bei Laufbandtests nach Rost und Hollmann (1982, S.124; zit.n. Zintl & Eisenhut, 2001, S.164)

Richtzahlen	Leistungszustand
3,0 + 0,5 m/s	Normwert nicht ausdauertrainierter Männer
3,5 - 4,0 m/s	gering ausdauertrainiert
4,0 - 4,7 m/s	mittel ausdauertrainiert
4,8 - 5,2 m/s	hoch ausdauertrainiert
5,3 - 5,6 m/s	Spitzensportler

Im internationalen OL-Sport hat sich in den letzten Jahren der 5000m Lauf auf der Bahn als Vergleichsmaß zur Überprüfung der physischen Leistungsfähigkeit etabliert. Auch die getesteten Sportler führen zur internationalen Standortbestimmung jedes Jahr im Frühjahr einen 5000m Lauf durch, wobei die Zeiten der Probanden 7,5 bis 15,2% hinter den Zeiten der weltbesten Orientierungsläufer liegen. Bei einer Laufzeit von 14 Minuten und 44 Sekunden bedeutet dies einen Rückstand von 1:06 bis 2:14 Minuten (vgl. Tabelle 4).

Tabelle 4: 5000m Vergleichszeiten eines OL-Weltmeisters mit den Probanden im Jahr 2007

5000m Zeit	min:sec	%Diff
Weltmeister 2007	14:44	
Proband#2	15:50	7,5%
Proband#3	16:40	13,1%
Proband#4	16:41	13,2%
Proband#1	16:57	15,0%
Proband#5	16:58	15,2%

Aufgrund dieser Vergleichswerte und den Ergebnissen bei internationalen Wettkämpfen werden die Athleten von ihrem Trainerteam wie folgt klassifiziert:

- Proband#1 → Nationale Spitze
- Proband#2 → Anschluss Weltspitze

- Proband#3 → Nationale Spitze
- Proband#4 → Anschluss Weltspitze U23
- Proband#5 → Nationale Spitze

Um das aerobe Leistungsniveau der einzelnen Athleten abzuschätzen und die Leistungsentwicklung messbar zu machen, werden von der Trainingsgruppe mehrmals jährlich Stufentests am Laufbandergometer durchgeführt, die sich an dem Modell von Keilholz, Strähle und Weicker (1982; zit.n. Martin, Carl & Lehnertz, 2001, S.187) orientieren. Hierbei wird am Laufband mit einer Steigung von 5%, einer Stufendauer von drei Minuten und einem Belastungsinkrement von 2km/h gelaufen. Die Startgeschwindigkeit liegt bei 10km/h. Mit diesem Verfahren kann die Leistungsfähigkeit im OL-Sport besser beurteilt werden, da die Fähigkeit Steigungen mit entsprechender Laktattoleranz zu bewältigen, von entscheidender Bedeutung für diese Sportart ist. Um einen interindividuellen Vergleich des aeroben Leistungsniveaus der Untersuchungsgruppe zum Zeitpunkt der Messungen darzustellen, werden die Geschwindigkeiten bei 2mmol Laktat (aerobe Schwelle), bei 4mmol Laktat (anaerobe Schwelle) sowie die Geschwindigkeit bei Testende in Tabelle 5 zusammengefasst. Die Daten stammen aus einem Stufentest vom Dezember 2006 (Laufbandergometrie: Beginn 10km/h, Zeitinkrement 3min, Belastungsinkrement 2km/h, Bandneigung 5,0%). Aufgrund der Geschwindigkeiten an der aeroben und anaeroben Schwelle kann Proband#2 als der Athlet mit dem höchsten aeroben Potential bezeichnet werden, was sich auch durch die schnellste 5000m Zeit innerhalb der OL-Mannschaft, siehe Tabelle 4, bestätigt.

Tabelle 5: Geschwindigkeiten an den Schwellen und bei Testabbruch einer Laufbandergometrie

Test vom Dezember 2006	Proband#1	Proband#2	Proband#3	Proband#4	Proband#5
2mmol Laktat (aerobe Schwelle)	12 km/h	13,6 km/h	12,4 km/h	10,1 km/h	10,8 km/h
4mmol Laktat (anaerobe Schwelle)	14,1 km/h	15,5 km/h	15 km/h	15 km/h	12,7 km/h
Maximal-geschwindigkeit	17,5 km/h	18,6 km/h	17,7 km/h	16,5 km/h	17,7 km/h

6.2 Organisatorische Rahmenbedingungen

Wie schon in der Einleitung erwähnt, wurden die Athleten während eines dreiwöchigen Trainingszyklus, von 15.01.2007 bis 03.02.2007, mit dem OmegaWave Sport Technology® System begleitend getestet. Die ersten zwei Testwochen wurden bei einem Skilanglauftrainingskurs, die dritte Woche bei einem OL-Technikkurs durchgeführt. Am 15.01.2007 am Abend wurden die Athleten nach einer kurzen Einführung in die Aufgabenstellung und der Erklärung des technischen Ablaufs der Messungen mit dem OmegaWave Sport Technology® System, gemäß den Durchführungskriterien des OmegaWave Operating Manual, das erste Mal getestet. Danach fanden die Messungen jeweils morgens vor dem Frühstück, zwischen 06:30 und 07:30 Uhr, und abends, zwischen 20:00 und 23:00 Uhr, statt. Da die Trainingskurse jeweils Freitagmittag endeten, wurden die letzten Messungen der einzelnen Wochen jeweils Freitagmorgen durchgeführt. Getestet wurde in einem Gästezimmer auf einer Massageliege und die Messungen wurden nach einer Einschulung durch den Verfasser dieser Arbeit vom Masseur der Trainingsgruppe durchgeführt. Danach wurden die Ergebnisse der Messungen vom Verfasser dieser Arbeit im Rahmen dieser Diplomarbeit am Institut für Sportwissenschaften verarbeitet und dargestellt.

6.3 Trainingsdokumentation

Während des Untersuchungszeitraums wurden die Trainingsdaten in das internetbasierende computerunterstützte Trainingsdokumentationssystem ‚My Diary‘ (Stroi, M. & Quendler, M., 2005) eingegeben und das allgemeine Befinden zum Zeitpunkt der Messungen schriftlich festgehalten. Da der Schwerpunkt des Orientierungslauftrainings in der Entwicklung der aeroben Ausdauerleistungsfähigkeit liegt, dienen die verschiedenen Trainingsintensitäten und Trainingsfaktoren letztendlich dem Ziel, eine hohe Wettkampfgeschwindigkeit in aerober Stoffwechsellage, im optimalen Laktat steady state, zu realisieren. Aus diesem Grund sind die Trainingsfaktoren Ausdauer, Kraft und Schnelligkeit in dem verwendeten Dokumentationssystem zusammen in fünf Trainingsbereiche aufgegliedert. Die Zusammenfassung verschiedener Trainingsfaktoren in gemeinsame Trainingsbereiche wurde aufgrund metabolischer Beanspruchungen durch

Trainingsbelastungen, überprüft durch Laktatkontrollen im Training, und wegen der Vereinfachung der Datenanalyse, von den OL-Trainern eingeführt. Die Trainingsfaktoren Beweglichkeit und Koordination werden in ‚My Diary' nicht explizit protokolliert.

Die Trainingsbereiche werden, wie zuvor erwähnt, aufgrund der metabolischen Beanspruchung unterschiedlicher Trainingsbelastungen unterteilt. Das Einteilungskriterium ist dabei in erster Linie das Laktat sowie im unteren Intensitätsbereich zusätzlich die Herzfrequenz und die Dauer. Die Trainingsbereiche werden in Tabelle 6 wie folgt eingeteilt.

Tabelle 6: Trainingsbereiche der OL-Mannschaft und die dazugehörigen Kenngrößen

Trainingsbereiche-Beschreibung	Laktat (mmol/L)	Herzfrequenz (bpm)	Dauer (min)
A0-Kompensationsstraining	bis 1,7	bis 65 % Hfmax	bis 45
A1-Extensives Ausdauertraining 1	bis 2	60-75 % Hfmax	46- 150 (Lauf)
A2-Extensives Ausdauertraining 2	2 bis 2,5	76-80 % Hfmax	60-70
A3-Intensives Ausdauertraining	3 bis 5	81-85 % Hfmax	bis 40
A4-Entwicklungsbereich	5 bis maximal	86-100 % Hfmax	

In der Literatur ist ein ähnliches Modell der Gliederung von Trainingsbereichen bei Neumann, Pfützner und Hottenrott (2000, S. 97) zu finden, die sich in der Zuordnung der Belastungen in Trainingsbereiche an Laktatspannen orientieren und kein fixes Schwellenkonzept mit punktgenauer Festlegung der aeroben und anaeroben Schwelle verwenden. Die Einteilung der Trainingsbereiche der Orientierungsläufer dürfte sich an diesem Modell orientieren, da sehr viele Parallelen bei den Kenngrößen zu beobachten sind, wie in Tabelle 7 deutlich zu erkennen ist.

Tabelle 7: Belastungsintensitäten und mögliche Umfangsvorgaben für die Entwicklung der konditionellen Fähigkeiten im Langstreckenlauf. Die individuelle Geschwindigkeit wird aus den Laktatwerten und der Herzfrequenz des „Lauf-Feldtest“ abgeleitet (REKOM: Regenerations-/ Kompensationstraining, GA 1: Grundlagenausdauertraining 1, GA 2: Grundlagenausdauertraining 2, WSA: wettkampfspezifisches Ausdauertraining, KA 1: extensives Kraftausdauertraining, P: Pause). (Neuman, Pfützner & Hottenrott, 2000, S. 97)

Langstreckenlauf			
Training	**Intensität Laktat (mmol/L)**	**Belastungsdauer (h)**	**Umfang (km)**
REKOM	< 2,0	bis 1	5 - 12 km
GA 1	< 2,0 < 2,5	1 - 3 1 - 1,5	10 - 45 km 12 - 25 km
GA 2	3 - 6	0,3 - 0,5	4 - 15 km 4-8 x 2 km P 1 - 3 min
WSA	> 6	02 - 0,5	10 km
KA 1	3 - 6	0,5 - 1	10-15 x 800 m P 1 - 3 min

Wie aus der Tabelle ersichtlich, können die Bereiche REKOM mit A0, GA 1 mit A1, GA 2 mit A3 und WSA mit A4 von den Kenngrößen her miteinander verglichen werden. Der Bereich GA 1 wird bei dem Modell der OL-Läufer noch einmal unterteilt und zusätzlich der Bereich A2 eingeführt. Da jede Trainingsbelastung aus Gründen der Beeinflussung leistungsrelevanter Faktoren gesetzt wird, werden durch den systematischen Einsatz der Trainingsintensitäten bestimmte Trainingsziele verfolgt. Neumann et al. (2000) schreiben dem REKOM-Bereich die Unterstützung der Wiederherstellung und die Erhöhung der Belastbarkeit für nachfolgendes intensives Training zu und dem GA 1-Trainingsbereich die Stabilisierung und Entwicklung der Grundlagenausdauerfähigkeit sowie die Erhöhung der aeroben Leistungsfähigkeit. Das GA 2-Training soll ebenfalls der Entwicklung der Grundlagenausdauerfähigkeit und der Erhöhung der aerob/anaeroben Leistungsfähigkeit dienen. Der WSA-Bereich wird zur Ausprägung der wettkampfspezifischen Ausdauerfähigkeit eingesetzt und KA 1 zur Entwicklung und Stabilisierung der aeroben Kraftausdauerfähigkeit (Neumann, Pfützner & Hottenrott, 2000, S. 60).

In Anlehnung an die den Trainingsbereichen zugeordneten Trainingsziele der eben genannten Autoren und der Ausführungen der Orientierungslauftrainer zu den Wirkrichtungen der verwendeten Trainingsintensitäten werden folgende Trainingswirkungen angegeben:

- *Trainingsbereich A0*: Dieser Trainingsbereich dient einerseits der Unterstützung der Wiederherstellung bei einer Dauer von maximal 45 Minuten und andererseits, bei längerer Dauer, der Erhöhung der Trainingsbelastbarkeit durch die Ökonomisierung der Herzkreislaufregulation und die Optimierung des Fettstoffwechsels.
- *Trainingsbereich A1*: In diesem Trainingsbereich wird die Stabilisierung und Entwicklung der Grundlagenausdauerfähigkeit sowie die Erhöhung der aeroben Leistungsfähigkeit angestrebt.
- *Trainingsbereich A2*: Dieser Trainingsbereich findet im aerob-anaeroben Übergangsbereich statt und dient der Stabilisierung der Leistungsfähigkeit des Herzkreislaufsystems und der Optimierung des aeroben Stoffwechsels in den Mitochondrien.
- *Trainingsbereich A3*: Dieser Trainingsbereich wird zur Entwicklung der Leistungsfähigkeit im Bereich der anaeroben Schwelle eingesetzt und dient der Erhöhung der aeroben Ausdauerleistung durch strukturelle Anpassungen in der belasteten Muskulatur mit Vergrößerung der Kohlenhydratspeicher und Anhebung der Wettkampfgeschwindigkeit.
- *Trainingsbereich A4*: Dieser Trainingsbereich wird zur Ausprägung der wettkampfspezifischen Laufgeschwindigkeit eingesetzt und dient der Entwicklung der Fähigkeit zur Laktatproduktion, Laktattoleranz und Laktatkompensation.

Aufgrund der oben erwähnten Wirkrichtungen der Trainingsbereiche und deren Einsatz im Trainingsprozess kann auf die dadurch beanspruchten energetischen Systeme und deren Funktionszustand geschlossen werden, die durch die Indexwertberechnung der OmegaWave-Analysesoftware quantifizierbar gemacht werden sollen.

Da neben den Trainingsumfängen und Trainingsintensitäten auch das subjektive Gesamtbefinden von wesentlicher Bedeutung für die Abschätzung der gesamtorganismischen Beanspruchung ist, wurden die Athleten gebeten ein

Befindensprotokoll über die drei Testwochen zu führen. Das tägliche subjektive Befinden zum Zeitpunkt der OmegaWave-Messungen wurde entweder in schriftlicher Form oder in Form einer Zahlenwertung (1 = sehr gut; 5 = schlecht) separat festgehalten.

6.4 Messparameter

Wie schon in der Einleitung erwähnt, wurden im Rahmen dieser Arbeit nur die von der OmegaWave Sport 2.0 Software berechneten Indexwerte der Differential-EKG-Messungen verwendet. Die Werte der HRV und die angezeigten Ergebnisse bezüglich des Zustands der funktionellen Reserven, Erholungsgeschwindigkeit, Laktattoleranz und aerobe Reserven des Athleten, die automatisch mit erhoben wurden, fanden in dieser Arbeit keine Beachtung. Die angezeigten Indexwerte repräsentieren laut OmegaWave die Beanspruchungsreaktion einzelner energetischer sowie allgemein organismischer Systeme aufgrund von Trainingsbelastungen. Zu diesen metabolischen Kenngrößen wurden noch die Herzfrequenz zum Zeitpunkt der Messung sowie die von Omega Wave empfohlene Herzfrequenz an der anaeroben Schwelle dokumentiert.

Zusammenfassend werden die ‚Metabolischen Indizes' der OmegaWave-Messungen im Folgenden aufgelistet (zit.n. Operating Manual von Omega Wave Technologies®, 2004 S. 83).

- *Relative VO_2max Index* gibt einen Hinweis auf die momentane Ausdauerleistungsfähigkeit.
- *Aerobic Status Index* gibt einen Hinweis auf die Funktion (Leistungsfähigkeit und Kapazität) des aeroben Systems.
- *Anaerobic Status Index* gibt einen Hinweis auf die Funktion (Leistungsfähigkeit und Kapazität) des anaeroben Systems.
- *Alactic Status Index* gibt einen Hinweis auf die Funktion (Leistungsfähigkeit und Kapazität) des alaktaziden Systems.
- *System's Adaptation Index* weist darauf hin, wie gut sich die energetischen Systeme des Athleten an Belastung anpassen.

- *HR (heart rate) at anaerobic threshold* zeigt die Herzfrequenz an, an der der Athlet vom aeroben Bereich in den anaeroben Bereich übergeht und damit den anaerob-laktaziden (glykolytischen) Prozess aktiviert.

Normwerte für die Indizes wurden von den Entwicklern des OmegaWave Sport Technology® Systems aufgrund durchgeführter experimenteller Untersuchungen und statistischer Analysen aufgestellt. Für die Altersgruppe der 18- bis 35-jährigen werden vom OmegaWave Sport Technology® System folgende Normgrenzen angegeben.

Tabelle 8: Normwerte der metabolischen Indexwerte des OmegaWave Sport Technology® System s

#	Correlative Parameters of Energy Metabolism System	Normal range
1	Relative VO_2max index (weight=...kg)	**58 – 85**
2	Aerobic status index	**110 – 160**
3	Anaerobic status index	**132 – 190**
4	Alactic status index	**12 – 25**
5	System's adaptation index	**195 – 250**
6	HR at anaerobic threshold	**150 – 183**

Die Normwerte der Indizes beschreiben gut funktionierende Stoffwechselsysteme von Athleten. Wie einzeln betrachtete Werte, die außerhalb der Norm liegen, zu interpretieren sind, bleibt offen und wird von OmegaWave Sport Technology® im Operating Manual nicht erläutert. Werte außerhalb der Norm, betrachtet im Verlauf mehrerer zeitlich gestaffelter Messungen, würden laut Hersteller des OmegaWave Systems eine verminderte Kapazität des beschriebenen energetischen Systems repräsentieren und auf eine unzureichende Erholung von den vorhergegangenen Belastungen hindeuten. Da keine Ausgangswerte im völlig erholten Zustand der Athleten erhoben wurden, konzentriert sich diese Arbeit in erster Linie auf die dynamischen Verläufe der Indexwerte. Morgenmessungen wurden daher durchgeführt um den aktuellen Funktionszustand einzelner energetischer Systeme zu bestimmen. Die Abendmessungen dienten zur Abschätzung der Stärke der Trainingsbelastungen während des Tages und im Vergleich mit den nachfolgenden Morgenmessungen um individuelle Regenerations- und Anpassungsverläufe über Nacht ableiten zu können.

6.5 Ergebnisse

Die Aufzeichnungen vom Untersuchungszeitraum 15.01.2007 bis 02.02.2007 entsprechen den Trainingswochen 7, 8 und 9 des laufenden Trainingsjahres. Der Jahreszyklus ist auf den Jahresleistungshöhepunkt, der Mitte August bis Anfang September eintreten soll, ausgerichtet und wird demnach als Einfachperiodisierung strukturiert. Die Vorbereitungsperiode 1 (VB 1) startet im Dezember und reicht bis Mitte Mai. Die VB 1 wird weiter in eine allgemeine und spezielle Vorbereitungsperiode unterteilt um systematisch grundlegende und spezielle Leistungsvoraussetzungen für die spätere Wettkampfleistung aufzubauen. Die Wettkampfperiode schließt an die VB 1 an und dauert in etwa gleich lang. Da über diese Dauer die optimale Wettkampfform kaum gehalten werden kann, wird diese nochmals in mehrere Etappen unterteilt, mit dem Ziel in der Hauptwettkampfetappe die bestmögliche Leistung abzurufen. Abgeschlossen wird der Jahreszyklus mit einer vierwöchigen Übergangsperiode. Diese dient der psychischen Erholung und Einleitung von Rehabilitationsmaßnahmen (Neumann, Pfützner & Berbalk, 2007, S. 189). Zur besseren Übersicht und einfacheren Einordnung des Testzeitraums in den Jahreszyklus sind in der nachfolgenden Abbildung die Eckdaten und Planungsabschnitte der Saison 2007 chronologisch dargestellt.

Jahresplan Saison 2007 - OL-Leistungssportler (Wo 1-23)																								
Kalender	Trainingswoche	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
	Monat	Dez.				Jän.					Feb.				Mar.				Apr.					Mai
	Datum der Montage	4	11	18	25	1	8	15	22	29	5	12	19	26	5	12	19	26	2	9	16	23	30	7
	Kalenderwoche	49	50	51	52	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
Periode	Perioden	Vorbereitungsperiode 1																						
	Etappen	Allgemeine Vorbereitungsperiode													Spezielle Vorbereitungsperiode									
	Mesozyklen	1	2	R	1	2	R	1	2	3	R	1	2	R	1	2	3	R	1	2	3	R	1	R

Jahresplan Saison 2007 - OL-Leistungssportler (Wo 24-52)																												
24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52
Mai			Jun.				Jul.					Aug.				Sep					Okt.				Nov.			
14	21	28	4	11	18	25	2	9	16	23	30	6	13	20	27	3	10	17	24	1	8	15	22	29	5	12	19	26
20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48
Wettkampfperiode																					2.Vorbereitungs-periode		Übergang					
1.Wettkampfetappe							Aufladeblock mit OL-technische Weiterentwicklung						Hauptwettkampf-etappe				3.Wettkampfetappe											
1	2	R	1	2	3	R	1	R	1	2	3	R	1	2	R	1	R	1	2	3	R	1	2	3				

Abb. 14: Eckdaten des Jahrestrainingsplans der Orientierungslauf Mannschaft in der Saison 2007

Die Mesozyklen umfassen einen Zeitraum von drei bis vier Wochen und sind in zwei bzw. drei Belastungsmikrozyklen und einen Entlastungszyklus unterteilt. Die Strukturierung um den Testzeitraum herum ergibt somit einen im Leistungssport weit verbreiteten Belastungs-Entlastungs-Rhythmus von sechs bis sieben Wochen, der von Neumann, Pfützner und Hottenrott (2000, S. 28) als Auslösung effektiver Anpassungen beschrieben wird, wie in Abbildung 15 zu sehen ist.

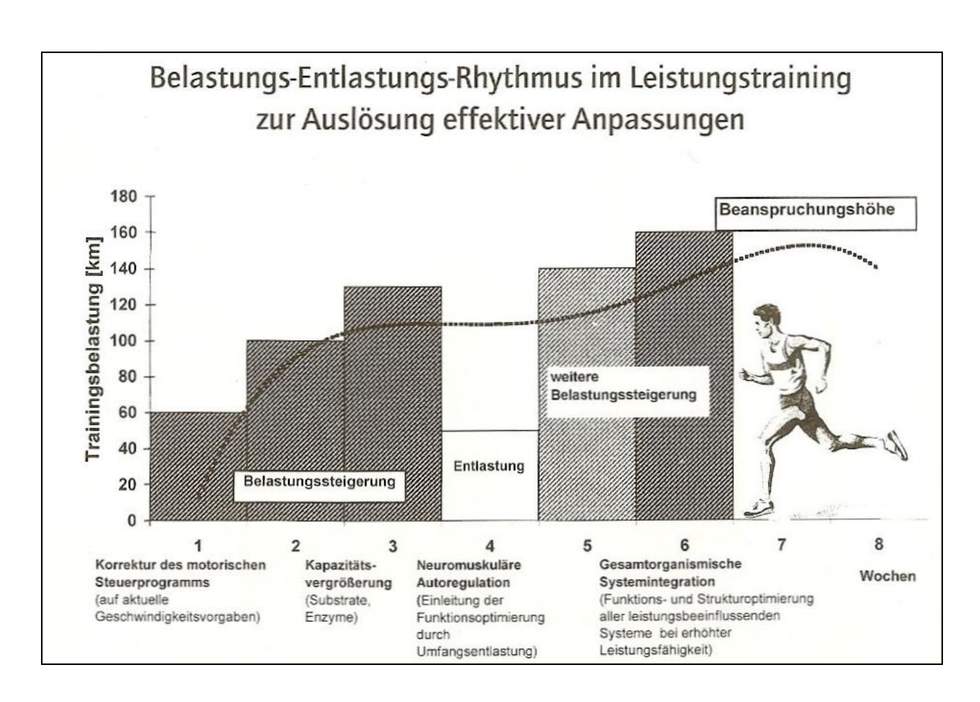


Abb. 15: Vereinfachtes Prinzip der Organisation von Anpassungen im Leistungstraining. Zu beobachten ist der 3:1-Belastungs-Entlastungs-Zyklus, als entscheidende Voraussetzung für den ungestörten Ablauf der körpereigenen Anpassung. (Neuman, Pfützner & Hottenrott, 2000, S. 28)

Hohmann, Lames und Letzelter (2007, S. 183) beschreiben ebenfalls einen Zeitraum von fünf bis sechs Wochen konzentrierten Spezialtrainings, um im Sinne einer Blockstruktur (Werchoshanskji, 1984; 1988; 1995; zit. n. Hohmann, Lames und Letzelter 2007, S. 183), verstanden als akzentuierte Belastungsblöcke, einen langanhaltenden Trainingsgewinn zu erreichen. Der von den OL-Trainern geplante dreiwöchige Trainingskurs ist der erste Teil eines sechswöchigen Makrozyklus und wird nach einer Entlastungswoche mit einem weiteren Trainingskurs fortgesetzt. Die Messungen wären aus anpassungsdynamischen Gründen auch in der Entlastungs- und der weiteren Belastungswoche interessant gewesen, konnten aber aus organisatorischen Gründen nicht länger als die ersten drei Wochen durchgeführt werden. Die Mikrozyklen der drei Testwochen sind durch zwei aerobe Grundlagenschwerpunktwochen mittels Skilanglauf charakterisiert und durch eine Woche komplexen Motoriktrainings mit technischen OL-Läufen. Dies wäre nach Neumann, Pfützner & Berbalk (2007, S. 191), ergänzt durch eine Entlastungswoche, ein Mesozyklus zur Entwicklung der Grundlagen- und/oder Kraftausdauerfähigkeit. In den Trainingswochen 7 und 8 wurde ein Großteil der Trainingseinheiten mit Langlaufskiern absolviert, wie in den einzelnen Tabellen der Trainingsaufzeichnungen ersichtlich sind. Die darauf folgende Trainingswoche 9 war ein spezifischer Orientierungslauf-Trainingskurs mit spezifischen Läufen im Gelände in deutlich höheren Intensitäten und mit

unterschiedlichen technischen Aufgaben. Da die drei Wochen isoliert vom Jahreszyklus betrachtet werden, erlaubt sich der Verfasser dieser Arbeit die Trainingswochen 7, 8 und 9 in den folgenden Ausführungen als Trainings- bzw. Testwochen 1, 2 und 3 zu bezeichnen.

Die Athleten haben im Zeitraum der Messungen, gemäß dem Prinzip der Individualität, nicht exakt dasselbe trainiert und daher werden die erhobenen Daten der Trainingsdokumentation und die metabolischen Indexwerte der OmegaWave-Messungen für jeden Sportler separat dargestellt.

6.5.1 Proband#1

6.5.1.1 Trainingsaufzeichnungen

Proband#1 absolvierte in der Trainingswoche 1 16:45 Trainingsstunden, steigerte auf 17:01 Stunden in der Trainingswoche 2, und reduzierte in der folgenden Woche beim spezifischen OL-Trainingskurs auf 12:58 Trainingsstunden (siehe Abbildung 16). Der Trainingsumfang in den unteren Intensitäten A0 und A1 blieb in den ersten beiden Testwochen nahezu gleich (15:07 und 15:03 Stunden) und reduzierte sich in der Trainingswoche 3 auf 11:15 Stunden. Durch den hohen Anteil der beiden aerob dominierenden Trainingsbereiche A0 und A1 am Gesamttrainingsumfang (Woche 1: 90,2%; Woche 2: 88,4%; Woche 3: 86,8%) kann von einem deutlichen aeroben Grundlagenschwerpunkt gesprochen werden.

Der Trainingsbereich A2 wurde von der ersten (51 Minuten) zur zweiten Woche (44 Minuten) etwas reduziert und in der dritten Woche rapide zurückgeschraubt (17 Minuten). Der Trainingsbereich A3 erhöhte sich in den ersten beiden Wochen von 11 Minuten, dies entspricht 1% vom Wochenumfang, auf 50 Minuten in der zweiten Woche, entspricht 4%, und fällt in der OL-spezifischen Trainingswoche wieder auf 32 Minuten ab und entspricht 3,6% vom Gesamtwochenumfang.

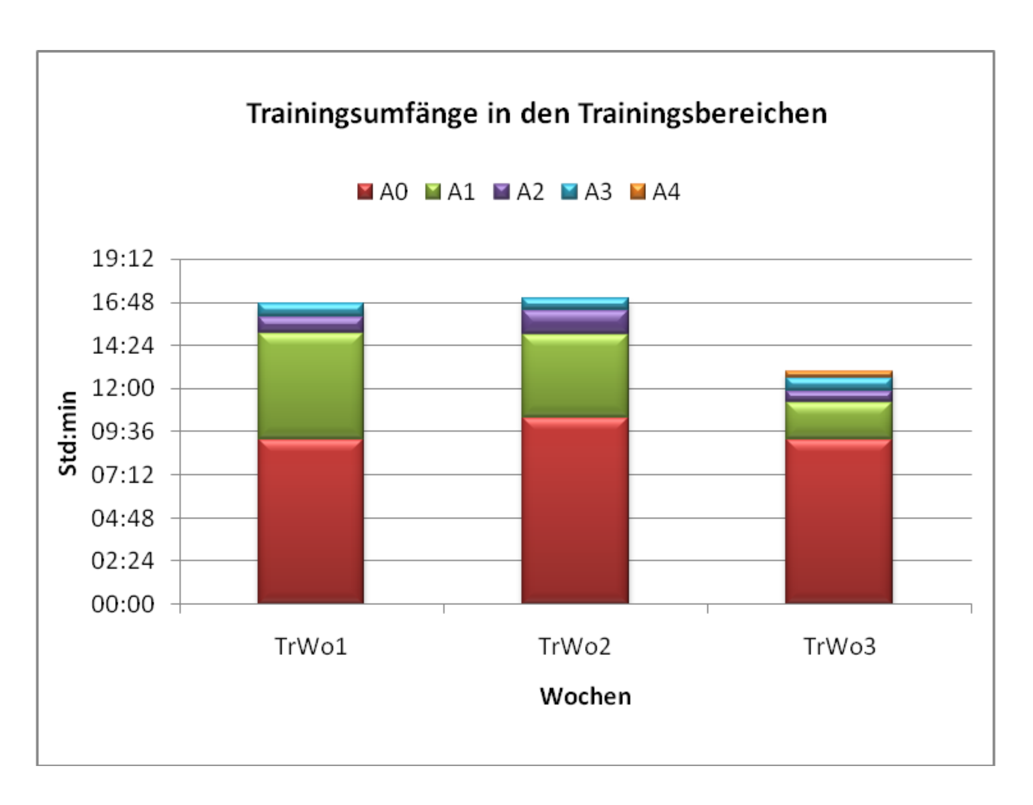


Abb. 16: Grafische Darstellung der Trainingsumfänge pro Woche von Proband#1

Es standen täglich, wie im Hochleistungsport üblich, zwei Trainingseinheiten auf dem Programm, wobei in den ersten beiden Trainingswochen meist längere Skilanglaufeinheiten sowohl in der klassischen als auch in der freien Technik mit anschließendem Lauf in den dominant aeroben Trainingsbereichen A0 und A1 absolviert wurden. Die Trainingsdauer dieser Einheiten betrug meist zwischen 2 und 2 ½ Stunden. Funktionelles Krafttraining sowie spezielle Stabilisationsübungen, welche in Stations- bzw. Zirkelform absolviert wurden, sind den Trainingsbereichen A2 und A3 zugeordnet worden, weil die metabolische Beanspruchung dabei zwischen 2 und 3 mmol Laktat gelegen hat. Dieses Training hat der Proband#1 nur in den ersten beiden Wochen je zweimal durchgeführt. In der dritten Testwoche war Laufen das einzige Trainingsmittel und wie oben berichtet wurde hauptsächlich OL-spezifisch trainiert. Dreimal wurde im A3-Bereich und zweimal im A4-Bereich bei technischen Orientierungsaufgaben gelaufen, was von deutlicher Intensitätssteigerung gegenüber den beiden Vorwochen zeugt. Es ist aber auch festzuhalten, dass der Gesamtumfang in der dritten Trainingswoche um über vier Stunden (23,8%) reduziert wurde und nahezu täglich ein regenerativer Lauf ergänzend absolviert wurde. Die täglichen Trainingsinhalte, Umfänge (in Minuten) und Intensitäten (Trainingsbereiche) pro Trainingseinheit sowie schriftliche Kommentare zum subjektiven Befinden zum Zeitpunkt der OmegaWave-Messungen sind in Tabelle 9 aufgelistet (EH =

Einheit, Bef = subjektives Allgemeinbefinden des Athleten wörtlich wiedergegeben, B/A = Befinden des Athleten bei der Abendmessung, B/M = Befinden des Athleten bei der Morgenmessung).

Tabelle 9: Trainingsaufzeichnungen von Proband#1

Trainingswoche 1								
Datum	EH / Bef	Trainingsinhalt- Trainingsmittel	Trainings- dauer (min)	Trainingsbereiche				
				A0 (min)	A1 (min)	A2 (min)	A3 (min)	A4 (min)
15.1.	1	SLL-Skating	76	65	11	0	0	0
	2	SLL-Skating	61	47	14	0	0	0
	2	Laufen	31	27	4	0	0	0
	B/A	ersten zwei Trainings gut überstanden, Befinden ist ok!						
16.1.	B/M	gut geschlafen gutes Gefühl						
	3	SLL-Skating	120	56	64	0	0	0
	4	Kräftigung	46	0	0	23	23	0
	4	Laufen	33	24	9	0	0	0
	B/A	noch etwas müde vom Krafttraining weil erst um 1800 Uhr fertig (Messung 1945)						
17.1.	B/M	Befinden etwas müde aber ok!						
	5	SLL-Skating	120	50	70	0	0	0
	5	Laufen	33	30	3	0	0	0
	B/A	noch etwas voll vom Essen und ein bisschen müde						
18.1.	B/M	gutes Gefühl auf der "Liege"						
	6	Laufen	76	13	61	2	0	0
	7	SLL-Skating	91	58	32	1	0	0
	8	Fußgymnastik	30	30	0	0	0	0
	B/A	noch etwas müde vom Training, aber ok						
19.1.	B/M	gut geschlafen, zum ersten mal so richtig relaxt auf der "Liege", sehr gutes Gefühl						
	9	Kräftigung	46	0	0	23	23	0
	9	Laufen	32	14	18	0	0	0
	B/A	gutes Gefühl						
20.1.	B/M	sehr gut erholt						
	10	Laufen	80	61	17	2	0	0
	10	Laufschule	10	10	0	0	0	0
21.1.	11	Laufen	120	66	53	1	0	0
Trainingswoche 2								

Datum	EH / Bef	Trainingsinhalt-Trainingsmittel	Trainings-dauer (min)	Trainingsbereiche				
				A0 (min)	A1 (min)	A2 (min)	A3 (min)	A4 (min)
22.1.	1	SLL-Skating	75	50	25	0	0	0
	2	SLL-Klassisch	60	40	20	0	0	0
	2	Laufen	32	31	1	0	0	0
	B/A	direkt nach der Massage, noch etwas müde vom Training						
23.1.	B/M	gut geschlafen, gutes Gefühl						
	3	SLL-Klassisch	120	96	24	0	0	0
	4	Kräftigung	46	0	0	23	23	0
	4	Laufen	32	27	5	0	0	0
	B/A	noch müde vom Training aber ok						
24.1.	B/M	gut geschlafen, aber körperlich doch etwas müde						
	5	SLL-Klassisch	120	79	41	0	0	0
	5	Laufen	31	28	3	0	0	0
	B/A	Nach dem Vormittagstraining ziemlich müde, Pause am Nachmittag hat gut getan, vom Gefühl her noch nicht ganz erholt						
25.1.	B/M	nicht besonders gut geschlafen (Schneekanonen), aber recht gutes Gefühl						
	6	Laufen	75	8	59	8	0	0
	7	SLL-Skating	91	64	27	0	0	0
	8	Fußgymnastik	30	30	0	0	0	0
	B/A	diesmal längere Pause zwischen Nachmittagstraining und Messung, schon recht gut gefühlt						
26.1.	B/M	nicht besonders gut geschlafen, aber trotzdem recht gut gefühlt						
	9	SLL-Skating	121	76	45	0	0	0
	10	Kräftigung	30	0	0	15	15	0
	10	Laufen	30	30	0	0	0	0
27.1.	11	Laufen	63	39	24	0	0	0
	12	Einlaufen	13	13	0	0	0	0
	12	OL-Training	42	1	7	32	2	0
	12	Auslaufen	10	10	0	0	0	0
Trainingswoche 3								
Datum	EH / Bef	Trainingsinhalt-Trainingsmittel	Trainings-dauer (min)	Trainingsbereiche				
				A0 (min)	A1 (min)	A2 (min)	A3 (min)	A4 (min)
29.1.	1	Einlaufen	25	25	0	0	0	0

	1	OL-Training	68	5	42	21	0	0
	1	Auslaufen	17	16	1	0	0	0
	B/A	nicht unbedingt richtig entspannt, aber ok						
30.1.	B/M	gut geschlafen, gutes Gefühl						
	2	Laufen	50	50	0	0	0	0
	3	Einlaufen	18	17	1	0	0	0
	3	OL-Training	51	12	10	4	16	9
	3	Auslaufen	21	21	0	0	0	0
	B/A	noch müde vom Nachmittagstraining (sehr intensiv)						
31.1.	B/M	gut geschlafen und gut erholt						
	4	Laufen	58	55	3	0	0	0
	5	OL-Training	82	75	7	0	0	0
	B/A	gut erholt						
1.2.	B/M	etwas müder als die Tage zuvor, aber ok						
	6	Einlaufen	10	9	1	0	0	0
	6	OL-Training	51	17	3	4	17	10
	6	Auslaufen	23	22	1	0	0	0
	7	Fußgymnastik	20	20	0	0	0	0
	7	Laufen	46	43	3	0	0	0
	B/A	eigentlich recht gut erholt für die Intensität des Trainings am VM						
2.2.	B/M	gut erholt aber etwas aufgeregt						
	8	Einlaufen	8	8	0	0	0	0
	8	OL-Training	36	13	2	6	13	2
	8	Auslaufen	20	17	3	0	0	0
3.2.	9	Laufen	110	68	41	1	0	0
4.2.	10	Laufen	65	58	7	0	0	0

6.5.1.2 Herzfrequenz bei den Messungen

Obwohl die Herzfrequenz bei den Messungen nicht exakt der Ruheherzfrequenz entspricht, sind sie hier zur Beurteilung des Aktivierungszustands des Probanden bei den Messungen angegeben. Die Werte bei den Morgenmessungen bewegen sich zwischen 49 und 56 Schlägen pro Minute (bpm = beats per minute) und können daher bei einem gemessenen

Ruhepuls von 46 bpm als nahezu Ruhebedingungen eingestuft werden (siehe Abbildung 17).

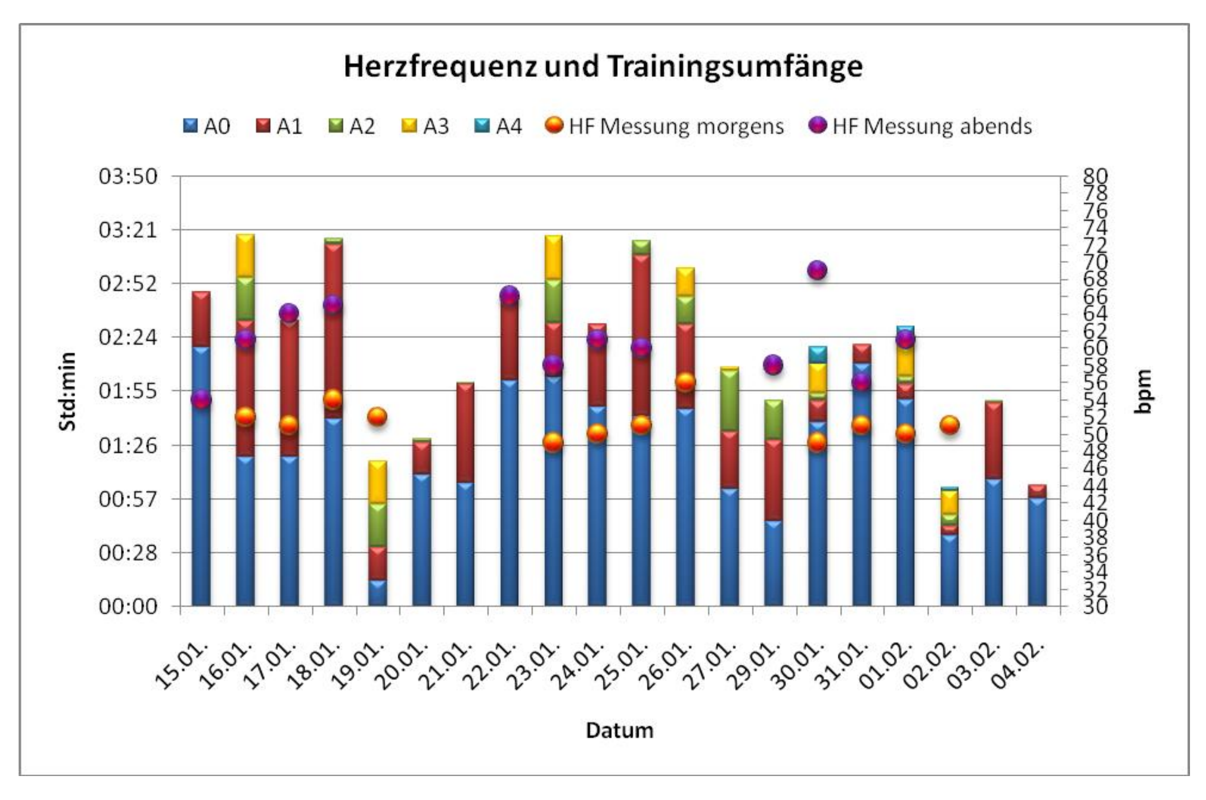


Abb. 17: Herzfrequenzwerte bei den OmegaWave-Messungen und Trainingsumfänge von Proband#1

Bei den Abendmessungen sind deutlich höhere Herzfrequenzen zu beobachten (54 bis 69 bpm), was sowohl auf die Nachwirkungen der Trainingsbelastungen als auch auf die psycho-emotionalen Anforderungen des Tages zurückgeführt werden kann (siehe Abbildung 17). Dennoch kann man auch bei den Abendmessungen von Ruhebedingungen sprechen.

6.5.1.3 Rel. VO_2max Index

Der Rel. VO_2max Index bleibt sowohl bei den Morgen- als auch bei den Abendmessungen annähernd gleich und wechselt zwischen den Werten 71 und 72 (siehe Abbildung 18). Aufgrund der über diesen Zeitraum nicht zu erwartenden Veränderung dieses Wertes wird die Diskussion über den Verlauf dieses Wertes hier nicht weiter fortgesetzt.

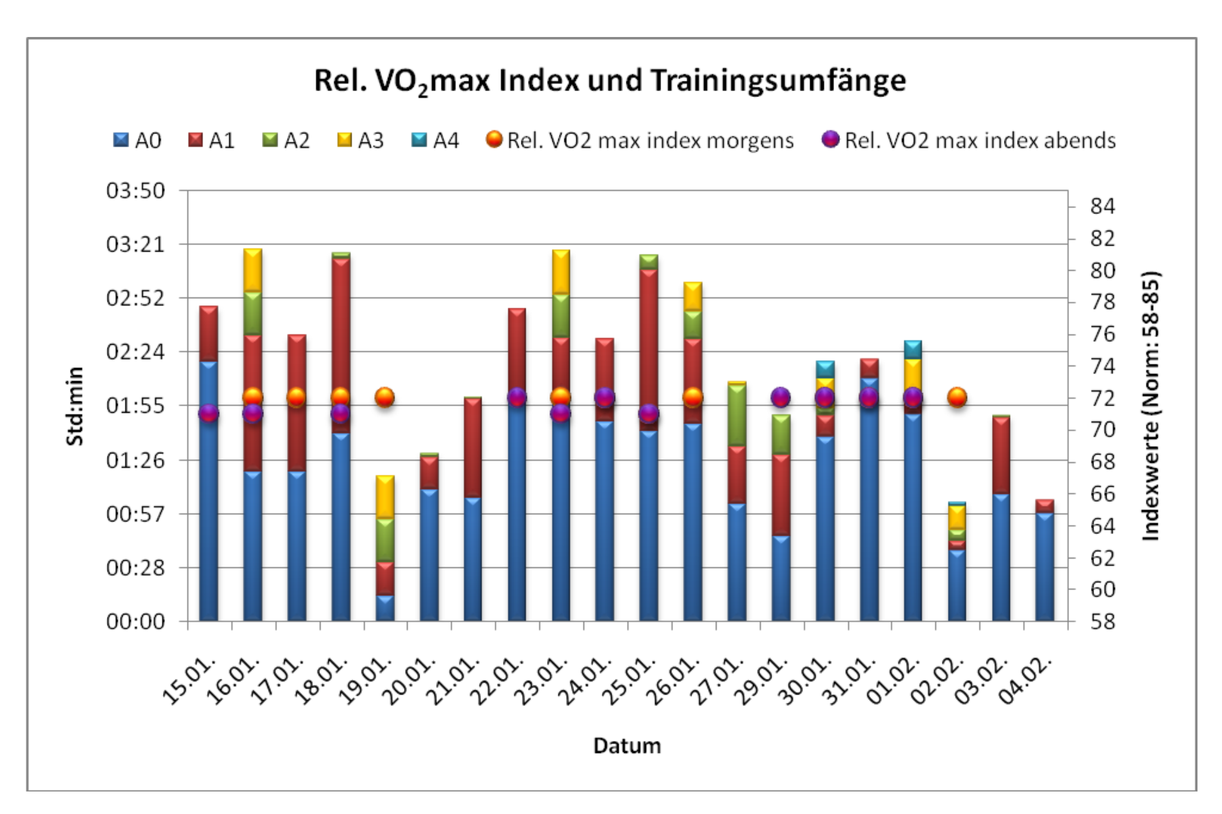


Abb. 18: Rel. VO_2max Index und Trainingsumfänge im Verlauf der Trainingstage von Proband#1

6.5.1.4 Aerobic Status Index

Der Aerobic Status Index liegt bei Proband#1 zwischen 110 und 121. Die Werte am Morgen fallen nie unter 115 und sind im Durchschnitt höher als die am Abend. Am 23.01. am Abend fällt der Aerobic Status Index auf 110 ab und liegt dabei genau an der Untergrenze der Normwerte. Dieser Tag war mit 3:19 Stunden auch eines der umfangstärksten Trainingstage während der drei Testwochen und es wurde neben einer zweistündigen A0/A1-Einheit am Langlaufski noch ein 45-minütiges Kräftigungstraining mit einem 30-Minuten Lauf (im A0-Bereich) absolviert. Interessant zu beobachten ist der Umstand, dass bereits die Morgenmessung an diesem Tag einen um drei Indexpunkte niedrigeren Wert aufweist als die am Vorabend. Laut OmegaWave würde dies auf eine reduzierte Kapazität des aeroben Systems im Gegensatz zum Vorabend hinweisen. Am nächsten Tag (24.01.) klettert zwar der Wert wieder auf 119 hoch und fällt bis zur Abendmessung nur auf 118 ab, sinkt aber über Nacht nochmals auf 115 ab, was wiederum bedeuten würde, dass sich die aerobe Kapazität in der Nacht erneut verringert. Das Trainingsprogramm am 24.01. war ein Kombitraining aus zwei Stunden Skilanglauf im klassischen Stil und einer darauf folgenden Laufeinheit von 30 Minuten.

In der Trainingswoche 3 sind die Morgenwerte im Durchschnitt höher als in den beiden Wochen zuvor, während der Trainingsumfang hingegen deutlich reduziert wurde (siehe Abbildung 19).

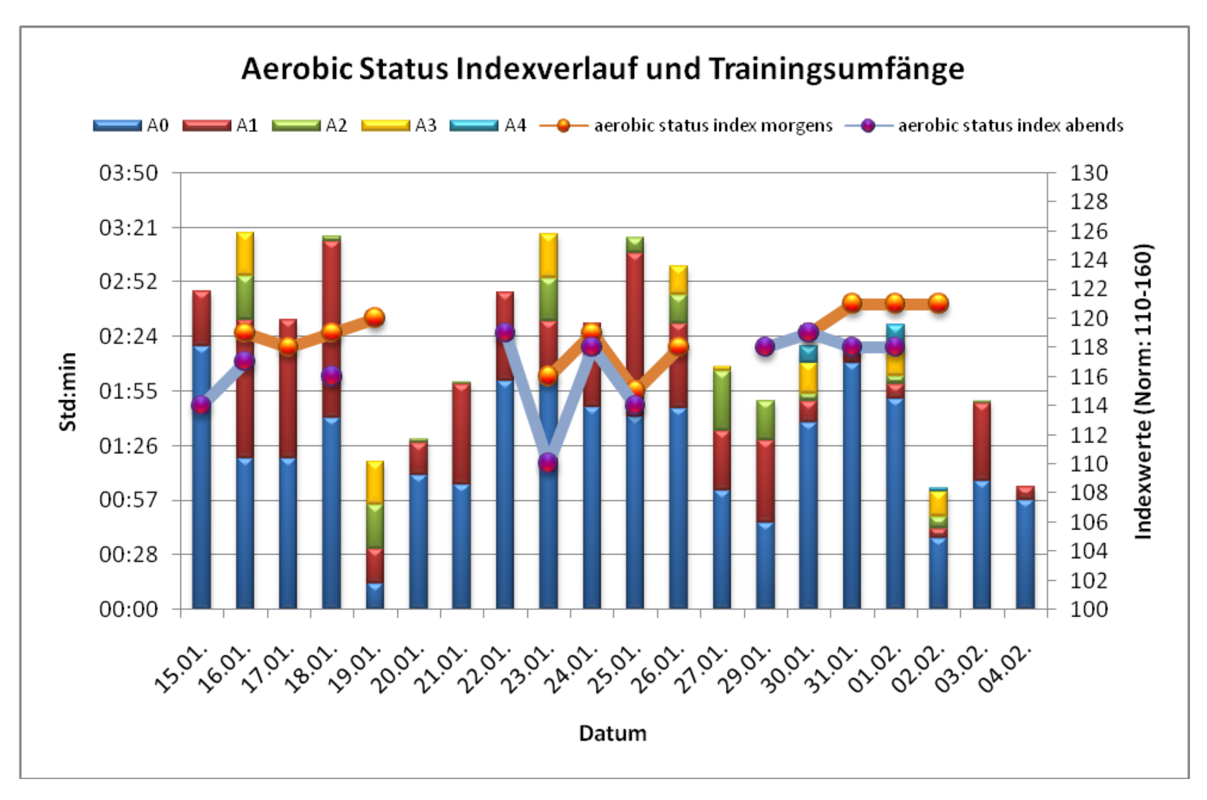


Abb. 19: Aerobic Status Index und Trainingsumfänge im Verlauf der Trainingstage von Proband#1

6.5.1.5 Anaerobic Status Index

Die Werte des Anaerobic Status Index liegen bei Proband#1 zwischen 146 und 160 und befinden sich somit immer im Normbereich. Der niedrigste Wert von 146 liegt dabei auch deutlich über der Normuntergrenze von 132. Der stärkste Abfall des Wertes von der Morgen- zur Abendmessung beträgt sieben Indexpunkte und ist am 30.01. zu erkennen, an dem auch ein intensiver Orientierungslauf mit A3- (16min) und A4-Abschnitten (9min) absolviert wurde. Im Tagesverlauf zeigen die Morgenmessungen tendenziell höhere Werte an als die Abendmessungen. Ausnahmen sind die Tage 31.01. und 01.02., an denen die Abendwerte gering höher sind als die Morgenwerte. Am 31.01. wurden 2:20 Stunden im A0- bzw. A1-Bereich trainiert, zwei Trainingsbereiche mit ausschließlich aerobem Charakter. Der 01.02. hingegen war einer der intensivsten Trainingstage der drei Testwochen, mit einem Orientierungslauf am Vormittag, bei dem unter anderem 17 Minuten im A3- und 10 Minuten im A4-Bereich gelaufen wurde. Am Nachmittag wurde

ein regenerativer Lauf von 45 Minuten absolviert. Der folgende Tag (02.02.) zeigt wieder einen erhöhten Morgenwert von 158 an. Es fällt im Verlauf des Indexwertes besonders auf, wie bereits beim Aerobic Status Index zuvor auch beobachtet, dass am 01.02. der Morgenwert von 153 niedriger ausfällt als der Abendwert des Vortags (155), was bedeuten würde, dass der anaerobe Funktionszustand, der zuvor untertags angehoben wurde (von 154 auf 155), in der Nacht wieder abgesunken ist.

Zu beobachten ist auch, dass ab der zweiten Testwoche die Abendmessungen kontinuierlich ansteigen (146, 149, 150, 153) und die Indexwerte in der dritten Woche im Schnitt die höchsten Werte anzeigen (155, 153, 155, 154). Die Grafik in Abbildung 20 zeigt nochmals die Verläufe der Anaerobic Status Indexwerte.

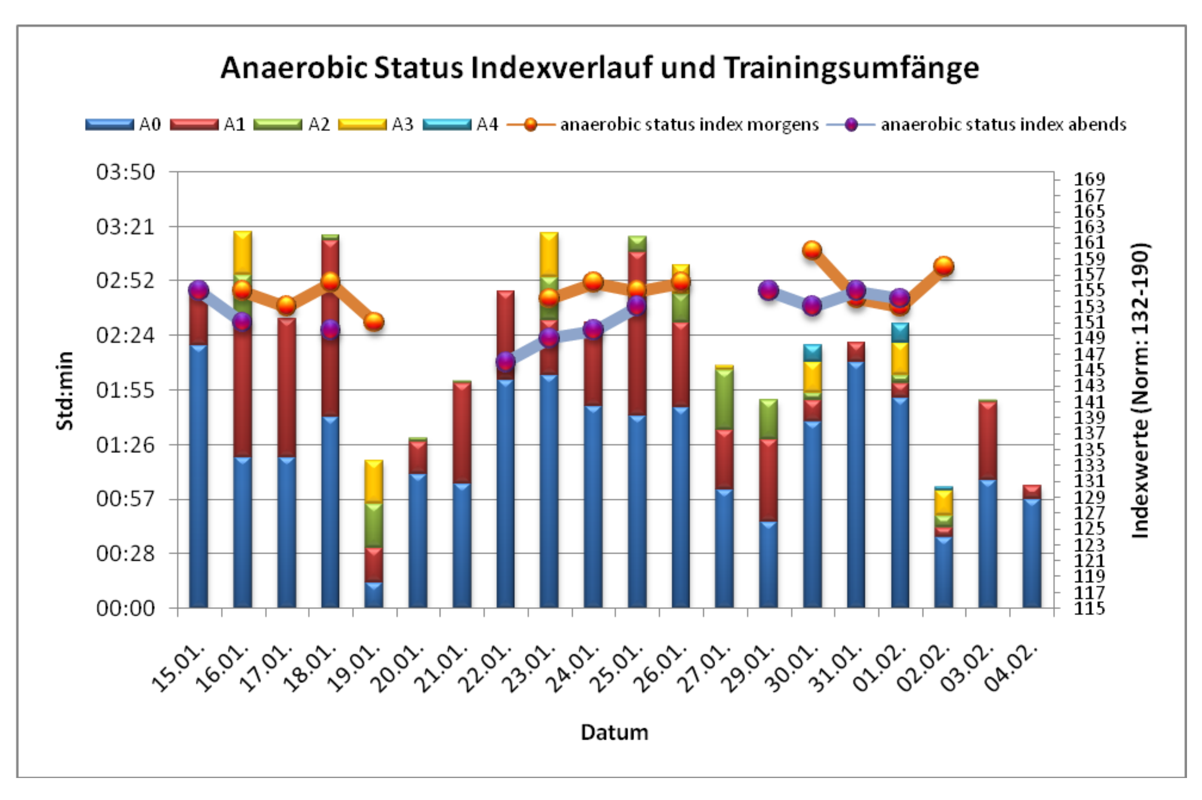


Abb. 20: Anaerobic Status Index und Trainingsumfänge im Verlauf der Trainingstage von Proband#1

6.5.1.6 Alactic Status Index

Die Werte des Alactic Status Index sind auch hier immer im Normbereich und weisen nur geringe Unterschiede bei den Messungen auf, wie in Abbildung 21 zu sehen ist. Der niedrigste Wert von 16 und der höchste Wert von 20 sind auch im mittleren Bereich der Normwerte angesiedelt. Sowohl an den Verläufen der Morgenwerte als auch der Abendwerte ist interessant festzustellen, dass diese den Verläufen der Anaerobic Status

Indexwerte sehr ähnlich sind. Auch beim Alactic Status Index sind die Morgenmesswerte großteils höher als die Abendwerte, wobei auch hier an den Tagen 25.01., 31.01. und 01.02. die Morgen- und Abendwerte ident sind, wobei die Werte vom 30.01. am Abend bis 01.02. am Abend (fünf Messungen hintereinander) stagnierend auf dem Wert 18 verweilen. An diesen Tagen wurden jedoch ganz unterschiedliche Trainingsreize gesetzt. Am 31.01. standen ein Orientierungslauf im Bereich A0/A1 und ein regenerativer Lauf im Bereich A0 am Nachmittag am Programm, während am 01.02., wie zuvor schon erläutert, ein intensiver Orientierungslauf mit A3- (17 Minuten) und A4-Anteilen (10 Minuten) absolviert wurde.

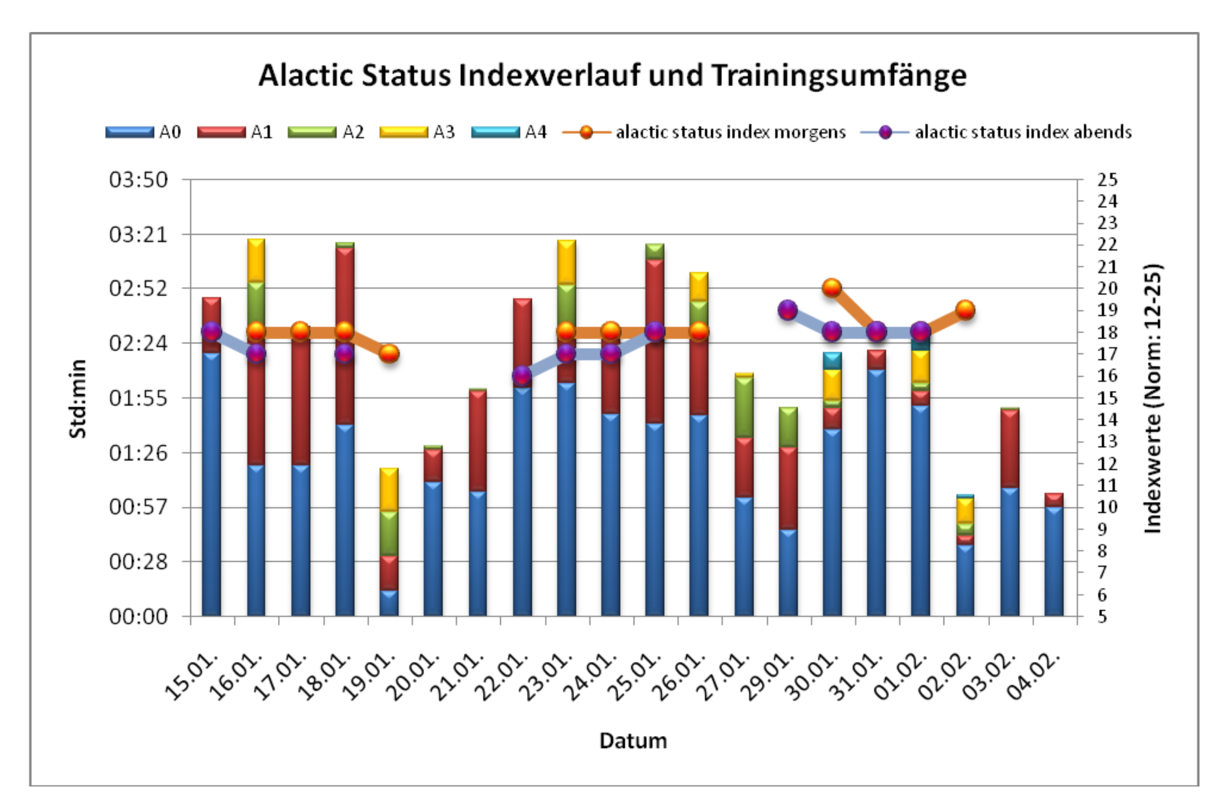


Abb. 21: Alactic Status Index und Trainingsumfänge im Verlauf der Trainingstage von Proband#1

6.5.1.7 System's Adaptation Index

Die Werte des System's Adaptation Index rangieren von 210 bis 224 und befinden sich wie die Alactic Status Indexwerte im Mittelfeld der Normwerte. Hier sind wiederum deutlich höhere Werte bei den Morgenmessungen gegenüber denen der Abendmessung erkennbar. Beim System's Adaptation Index steigen in jeder Nacht die Werte an und zwar von mindestens einem Indexpunkt bis maximal zwölf Punkte, die in der Nacht vom 23.01. auf 24.01. zu erkennen sind. Am 23.01. wurde eine zweistündige Skilanglaufeinheit im

klassischen Stil in den Trainingsbereichen A0/A1 und ein 45-minütiges Kräftigungs- und Stabilisationsprogramm mit anschließendem 30-minütigem Auslaufen absolviert. Ähnlich wie beim Aerobic Status Index ist auch beim System's Adaptation Index eine tendenzielle Erhöhung der Werte sowohl bei den Morgen- als auch den Abendmessungen von der zweiten zur dritten Trainingswoche zu beobachten. Wie aber auch schon in der Beschreibung der Trainingsumfänge erwähnt, reduzieren sich die Trainingsumfänge in der letzten Testwoche deutlich um fast 24% im Vergleich zu den vorhergehenden Wochen, wobei sich die Anteile A3 und A4 von 40 bzw. 46 Minuten in den ersten beiden Wochen auf 67 Minuten in der dritten Woche erhöhen. Prozentual zum Gesamtumfang bedeutet dies eine Verdoppelung der A3/A4-Intensitäten und zwar von knapp 4% auf über 8%. Abbildung 22 veranschaulicht den Indexverlauf nochmals grafisch.

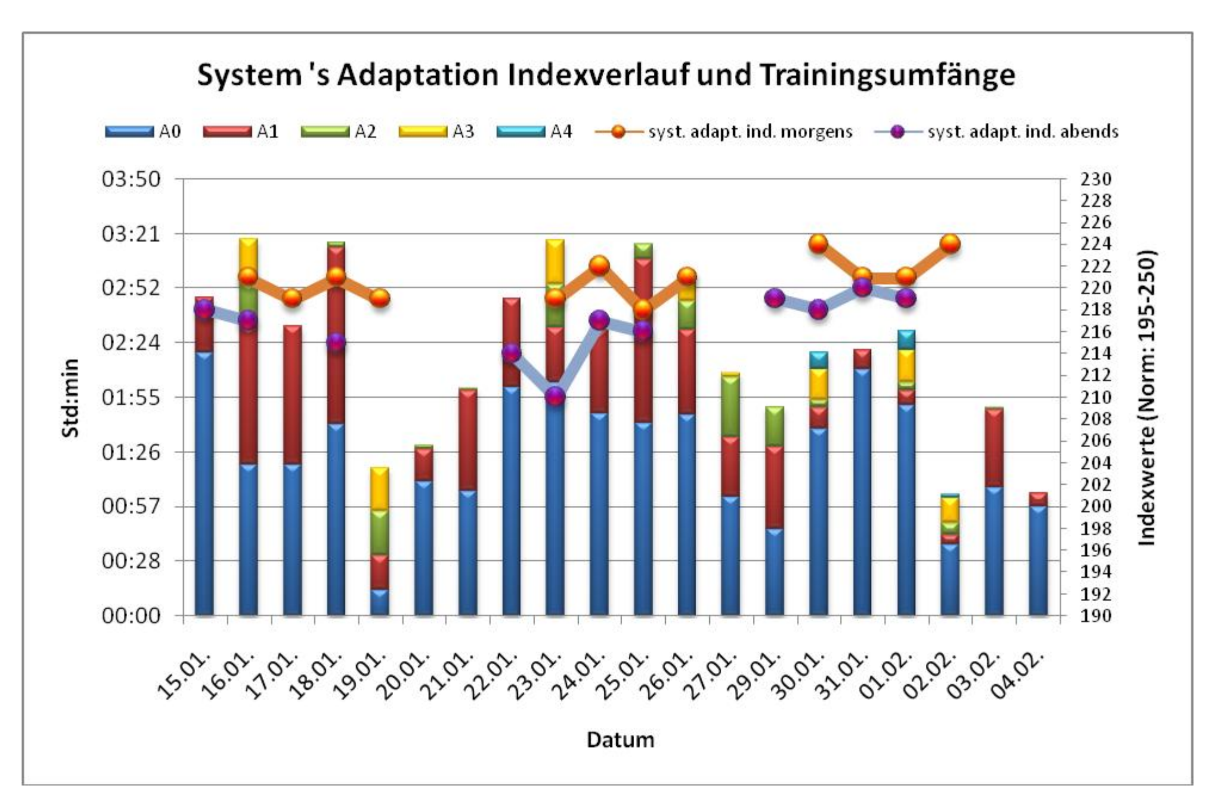


Abb. 22: System's Adaptation Index und Trainingsumfänge im Verlauf der Trainingstage von Proband#1

6.5.1.8 Heartrate at Anaerobic Threshold

Die von OmegaWave Sport 2.0 Software berechneten Herzfrequenzen an der anaeroben Schwelle zeigen in ihrem Verlauf keine besonderen Merkmale auf und können aufgrund

der geringen Streuung von vier Schlägen (von 172 bis 176) während des gesamten Testzeitraums, als wenig verändert bezeichnet werden (siehe Abbildung 23).

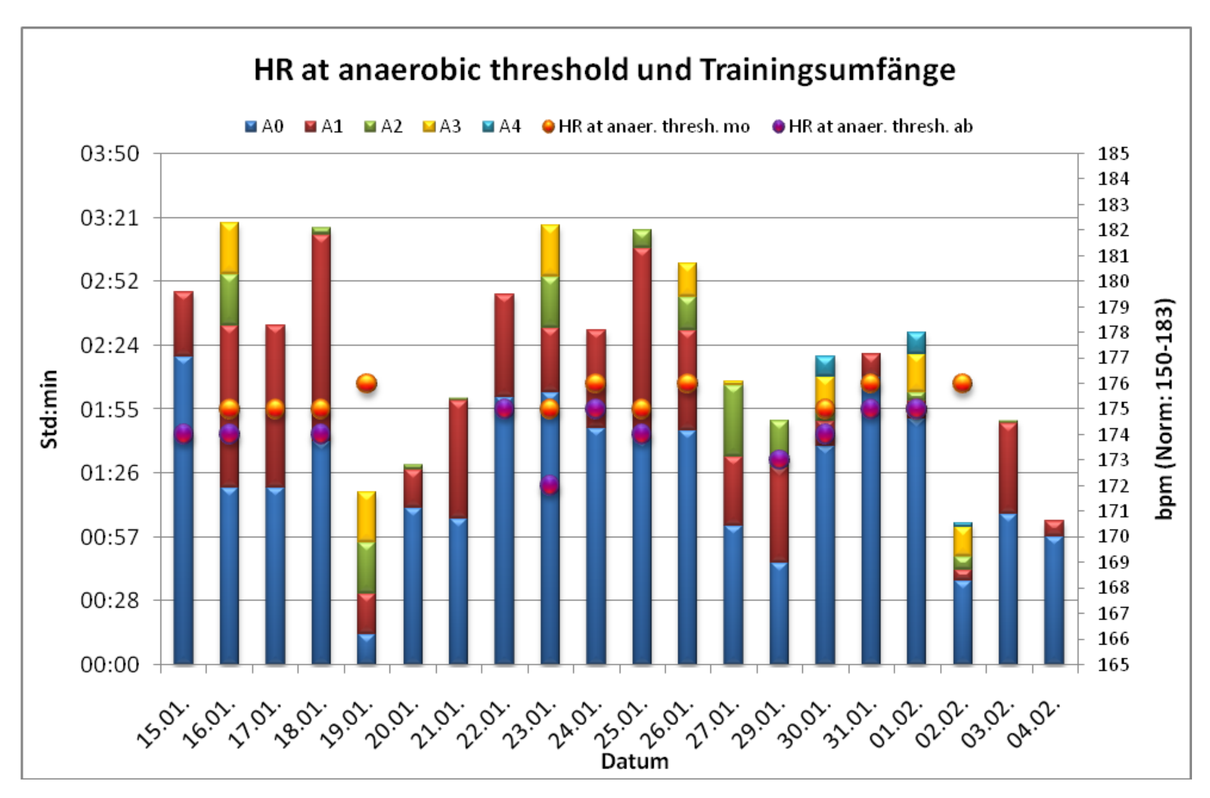


Abb. 23: Herzfrequenz an der anaeroben Schwelle und Trainingsumfänge im Verlauf der Trainingstage von Proband#1

6.5.1.9 Zusammenfassung und Interpretation

Aufgrund der niedrigen Herzfrequenzwerte bei den Messungen von Proband#1 wurde immer im Ruhezustand getestet und somit waren reliable Testbedingungen bei den Morgen- und Abendmessungen hergestellt.

Die Rel. VO_2max Indexwerte bleiben bei den Morgen- und Abendmessungen nahezu gleich und werden aufgrund der nicht zu erwarteten kurzfristigen Veränderung innerhalb der drei Wochen nicht weiter analysiert. Die Werte 71 und 72 liegen im Vergleich zu den anderen Athleten im Mittelfeld und würden auch im interindividuellen Vergleich die den Status der aeroben Ausdauerleistungsfähigkeit widerspiegeln.

Bei den anderen Messergebnissen von Proband#1 ist zu erkennen, dass die Indexwerte der metabolischen Parameter im Lauf der drei Wochen eher auf gleichem Niveau bleiben bzw. leicht steigende Tendenz aufweisen. Somit können über diesen Zeitraum keine eindeutigen

Veränderungen der Kapazität der energetischen Systeme des Organismus bei Proband#1 erkannt werden.

Da der Abfall der Aerobic Status Indexwerte an zwei von der Trainingsbelastung her identen Tagen (16. und 23.01.) unterschiedlich ausfällt, kann der Verlauf der Indexwerte nicht direkt aufgrund der Trainingsbelastungen interpretiert werden. Auch die Höhe des Trainingsumfangs der dominant aeroben Trainingsintensitäten A0 und A1 und der Verlauf des Aerobic Status Index während des Tages weisen bei Proband#1 ebenfalls keine Zusammenhänge auf. Der geringe Indexabfall am 24.01. untertags, im Gegensatz zum 23.01., wo gleich hohe aerobe Trainingsumfänge trainiert wurden, kann eventuell durch die Trainingspause am Nachmittag erklärt werden, bei der sich die Kapazität des aeroben Systems bereits zu einem Teil erholt haben könnte. Umso überraschender jedoch ist dann der deutliche Abfall des Wertes über Nacht, wo keine nennenswerte Belastung des aeroben Systems mehr stattgefunden hat. Dieses Phänomen der Verringerung der Kapazität über Nacht ist sowohl beim Aerobic als auch beim Anaerobic Status Index zu beobachten. Beim Aerobic Status Index sinken die Werte in der Nacht vom 22. auf 23. sowie vom 24. auf 25.01., also in der umfangbetonteren zweiten Trainingswoche, und der Anaerobic Status Indexwert vom 31.01. auf 01.02. in der etwas intensiveren dritten Trainingswoche. Dies könnte auf eine vermehrte Beanspruchung des aeroben, in der zweiten Woche, und des anaeroben energetischen Systems, in der dritten Woche, hinweisen. Es bleibt jedoch eine Erklärung für die unterschiedlichen Indexverläufe an den Tagen vor diesen Nächten offen, die sich teils abfallend und teils ansteigend im Tagesverlauf verhalten. Die Äußerungen im Befindensprotokoll über Müdigkeit und unvollständig erholtes Gefühl sowie Anmerkungen wie „müde vom sehr intensiven Training“ sind die einzigen Hinweise auf eventuell nicht vollständig erholte energetische Funktionssysteme, die aufgrund einiger Indexverläufe interpretiert werden können.

Eine Erhöhung des Indexwertes während des Tages als positive Differenz zwischen Morgen- zu Abendmessung ist nur beim Anaerobic Status Index zu erkennen, wo an zwei aufeinanderfolgenden Tagen (31.01. und 01.02.) der Wert um jeweils einen Indexpunkt ansteigt. Interessant dazu sind die Trainingsinhalte, die am 31.01. mit einem 60-minütigen Dauerlauf in A0 am Vormittag und einem 80-minütigen OL-Training, ebenfalls dominant im A0-Bereich, am Nachmittag als recht niedrigintensiv und ausschließlich im aeroben Bereich eingestuft werden kann, wobei hingegen am 01.02. Vormittag ein 83-minütiger Orientierungslauf mit 27 Minuten Belastungszeit im A3- (17 Minuten) und A4-Bereich(10

Minuten) und am Nachmittag ein 46-minütiger A0-Lauf mit 20-minütiger Fußgymnastik als intensiv mit anaeroben Inhalten am Vormittag und regenerativ im aeroben Bereich am Nachmittag eingestuft werden kann. Die regenerative Einheit am Nachmittag könnte, wie am 24.01. nachmittags, bereits zu einer beginnenden Erholung des anaeroben Funktionssystems geführt haben. Es wird an dieser Stelle darauf hingewiesen, dass es für den Verfasser dieser Arbeit nicht möglich ist abzuschätzen, in welchem Ausmaß die anaerobe Kapazität bei A4-Belastungen beansprucht wird. Somit können Veränderungen des Anaerobic Status Index nur vage aufgrund von Trainingsbelastungen, bei denen der anaerobe Stoffwechsel vermehrt beteiligt ist, nämlich A3- und A4-Trainingsintensitäten, interpretiert werden.

Der Alactic Status Index weist die geringsten Veränderungen auf und scheint wenig von den durchgeführten Trainingsbelastungen beeinflusst zu werden. An drei Tagen sind hier die Morgen- und Abendwerte ident (25.01., 31.01. und 01.02.), wobei neun von zwölf Morgenwerten immer den Indexwert 18 aufweisen und die Morgen- von den Abendwerten maximal um zwei Indexpunkte abweichen.

Der System's Adaptation Index weist die deutlichsten Unterschiede zwischen Morgen- und Abendmessungen auf und würde die gesamtorganismische Anpassungskapaziät an die jeweiligen Trainingsbelastungen zum Teil widerspiegeln. Untertags sinkt die Anpassungskapazität und weist am 25. und 31.01. sowie am 01.02. den geringsten Abfall auf. An den drei Tagen fand am Nachmittag jeweils eine dominant aerobe Einheit statt, die großteils regenerativen Charakter hatte. Die höchsten Morgenwerte in der dritten Trainingswoche würden die höchste Anpassungskapazität der drei Wochen widerspiegeln und könnten durch die deutliche Umfangsreduktion von 17 Trainingsstunden in der zweiten Woche auf 13 Stunden in der dritten Woche in Zusammenhang gebracht werden.

Die Werte der Heartrate at Anaerobic Threshold sind in diesem Zusammenhang auch wenig bedeutsam gestreut und weisen keine auffälligen Wertesprünge auf. Außerdem sind diese Werte Empfehlungen für das Training, die bereits aus Berechnungen der anderen Parameter entstanden sind. Da punktuelle Herzfrequenzempfehlungen ohnedies in der Sportpraxis kaum umzusetzen sind, können die Werte der Schwellenherzfrequenz von 172 bis 176 bpm als Schwellenfrequenzspanne angesehen werden. Dies deckt sich auch mit den Herzfrequenzen an der 4mmol Schwelle, die Proband#1 bei einer Laufbandergometrie im Dezember 2006 (179 bpm) bzw. März 2007 (173 bpm) erreichte.

Zusammenfassend können bei den Indexverläufen der einzelnen metabolischen Parameter bei Proband#1 keine klar ersichtlichen Zusammenhänge mit dem Umfang und der Intensität der gesetzten Trainingsbelastungen hergestellt werden. Rückschlüsse von Indexveränderungen auf die Methodik und die Tagesverteilung der gesetzten Trainingsbelastungen konnten ebenfalls keine gezogen werden. Offen bleibt in dieser Causa die individuelle Beanspruchungshöhe der gesetzten Trainingsbelastungen aufgrund der nicht einsichtigen Belastbarkeitskapazitäten und Belastbarkeitsgrenzen der energetischen Systeme des Athleten.

6.5.2 Proband#2

6.5.2.1 Trainingsaufzeichnungen

Proband#2, konditionell der stärkste Athlet in der Trainingsgruppe, absolvierte in der ersten Trainingswoche 18:03 Stunden, steigerte auf 20:42 Stunden in der zweiten Trainingswoche, um in der darauffolgende Woche, beim spezifischen OL-Trainingskurs in Ungarn, wieder auf 14:39 Trainingsstunden zu reduzieren. Die Trainingsbereiche A0 und A1 waren während der drei Trainingswochen eindeutig dominierend, da ihre Anteile am Gesamttrainingsumfang während der drei Wochen sehr hoch waren und nur leicht abnahmen (1.Woche 94,0%, 2.Woche 92,1% und 3.Woche 91,5%). Auch die etwas intensiveren Trainingsbereiche A3 und A4, deren Umfang von 13, auf 54 und in der dritten Woche auf 58 Minuten angestiegen war, blieben mit Werten unter 8% vom Gesamtumfang doch recht bescheiden. Somit kann die aerobe Grundlagenausdauer als deutlicher Schwerpunkt dieses Mikrozyklus bezeichnet werden, was auch in der Abbildung 24 klar ersichtlich ist.

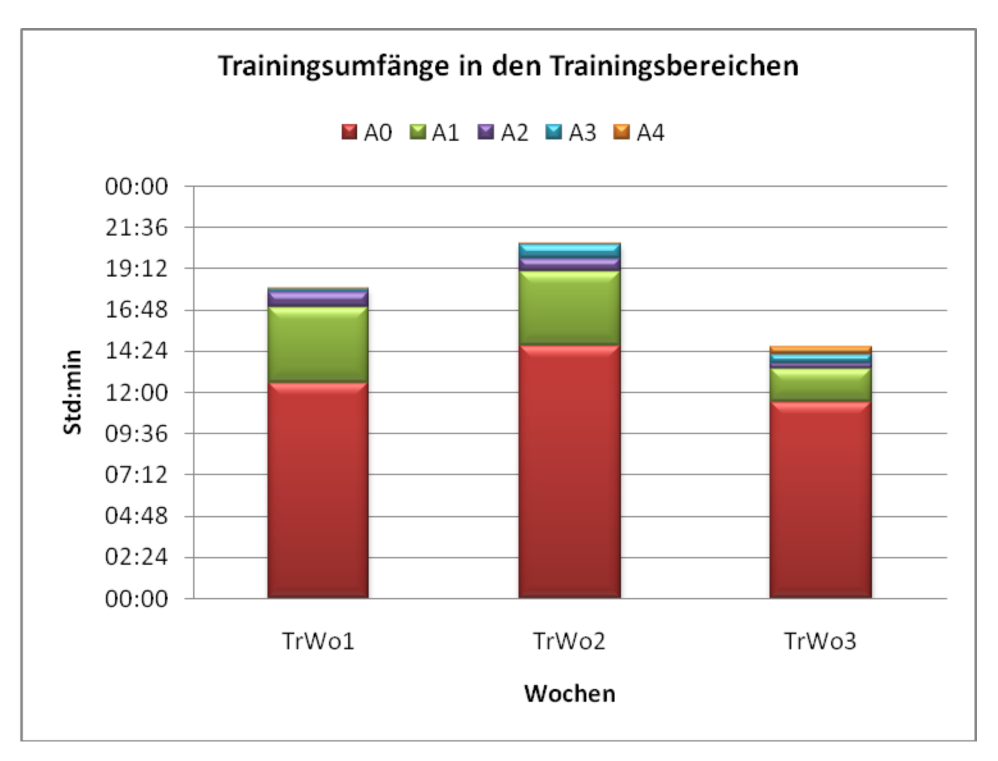


Abb. 24: Grafische Darstellung der Trainingsumfänge pro Woche von Proband#2

Viele Trainingseinheiten wurden in den ersten beiden Wochen aufgrund des Skilanglaufkurses am Langlaufski absolviert, wobei diese Einheiten ausschließlich in den dominanten aeroben Trainingsbereichen A0 und A1 absolviert wurden. Die Skieinheiten wurden aber meist mit einem Lauf über 30 bis 45 Minuten kombiniert. Auch das Fahrradergometer kam wahlweise für regenerative bzw. stabilisierende Einheiten zum Einsatz. Am Montag der ersten Woche wurde ein Lauftest im kupierten Gelände zur Überprüfung der Trainingsintensitäten absolviert, der eine Woche später in Form von Bergläufen wiederholt wurde. Bei diesen Intensitätskontrollen wurden zwischen 2000m und 3000m in den Trainingsbereichen A0 bis A3 gelaufen, in A4 jedoch nur 1000m. Einmal (dritte Woche) bis zweimal (erste und zweite Woche) pro Woche absolvierte Proband#2 auch Sprungschrittserien im Rahmen eines Lauftechniktrainings, die an einem Tag pro Woche mit Bergläufen im A2-Bereich ergänzt wurden.

Der Trainingsumfang in den unteren Intensitäten A0 und A1 steigerte sich von der ersten auf die zweite Trainingswoche um über zwei Stunden (von 16:58 auf 19:04 Stunden) und reduzierte sich in der dritten Trainingswoche auf 13:24 Stunden. A2-Intensitäten wurden hauptsächlich beim Geländelauftest und den Bergläufen in den ersten beiden Trainingswochen gelaufen (51 und 44 Minuten) und in der dritten Woche nur mehr 17 Minuten im Zuge des spezifischen OL-Trainings. Bei dem letztgenannten Training trat

auch der A4-Bereich deutlich in Erscheinung und wurde im Protokoll einmal mit 9 und einmal mit 17 Minuten angegeben. Funktionelles Krafttraining sowie spezielle Stabilisationsübungen, welche in Stations- bzw. Zirkelform absolviert wurden, sind einmal (erste und dritte Woche) bzw. zweimal (zweite Woche) pro Woche durchgeführt worden. Diese Einheiten wurden den Trainingsbereichen A2 und A3 zugeordnet, weil die metabolische Beanspruchung dabei zwischen 2 und 3 mmol Laktat lag. Die Äußerungen zum Befinden sind bis auf den letzten Tag des OL-Trainingskurses, wo „etwas müde" beschrieben wurde, durchwegs unauffällig. Die täglichen Trainingsinhalte, Umfänge (in Minuten) und Intensitäten (Trainingsbereiche) pro Trainingseinheit sowie schriftliche Kommentare zum subjektiven Befinden zum Zeitpunkt der OmegaWave-Messungen sind in Tabelle 10 aufgelistet.

Tabelle 10: Trainingsaufzeichnungen von Proband#2

Trainingswoche 1								
Datum	EH / Bef	Trainingsinhalt-Trainingsmittel	Trainings-dauer (min)	Trainingsbereiche				
				A0 (min)	A1 (min)	A2 (min)	A3 (min)	A4 (min)
15.1.	1	Laufen	89	52	14	13	7	3
	2	SLL-Klassisch	83	61	22	0	0	0
	2	Laufen	32	28	0	3	0	0
	B/A	alles normal						
16.1.	B/M	gut geschlafen, etwas früh aufgewacht						
	4	SLL-Klassisch	102	67	33	1	1	0
	4	Laufen	18	18	0	0	0	0
	5	Laufschule	26	20	4	2	0	0
	5	Laufen	57	26	29	2	0	0
	B/A	war mit Auto unterwegs aber relativ relaxed						
17.1.	B/M	alles normal						
	6	SLL-Klassisch	144	71	73	0	0	0
	6	Laufen	34	31	2	0	0	1
	B/A	sehr entspannt (vorher im Bett und gelernt)						
18.1.	B/M	etwas unruhig geschlafen						
	7	SLL-Klassisch	52	24	28	0	0	0
	7	Laufen	46	45	1	0	0	0
	8	Laufen	34	34	0	0	0	0

	8	Kräftigung	30	10	20	0	0	0
	8	Fußgymnastik	30	30	0	0	0	0
	B/A	entspannt (gelernt und HÜ Rechnungen gemacht)						
19.1.	B/M	auch unruhig geschlafen (Test am Nachmittag)						
	9	Laufschule	21	15	4	1	0	1
	9	Laufen	111	59	20	29	3	0
	10	Fahrradergometer	60	60	0	0	0	0
20.1.	11	Fahrradergometer	60	60	0	0	0	0
	11	Laufen	77	62	15	0	0	0

Trainingswoche 2

Datum	EH / Bef	Trainingsinhalt-Trainingsmittel	Trainings-dauer (min)	Trainingsbereiche				
				A0 (min)	A1 (min)	A2 (min)	A3 (min)	A4 (min)
22.1.	1	Bergläufe	132	90	10	11	15	6
	2	SLL-Klassisch	81	61	20	0	0	0
	2	Kräftigung	30	0	30	0	0	0
	B/A	normal						
23.1.	B/M	etwas unruhig geschlafen (Bett-Kopfkissen?)						
	3	SLL-Klassisch	102	51	51	0	0	0
	4	Laufschule	21	18	3	0	0	0
	4	Laufen	97	91	6	0	0	0
	B/A	wieder mit Auto von Wr Neustadt gekommen ansonsten alles normal						
24.1.	B/M	etwas unruhig geschlafen (Bett-Kopfkissen?)						
	5	SLL-Klassisch	180	160	20	0	0	0
	5	Laufen	32	26	5	1	0	0
	B/A	vorher gelernt und geschlafen						
25.1.	B/M	etwas unruhig geschlafen (Bett-Kopfkissen?)						
	6	SLL-Klassisch	61	18	41	2	0	0
	6	Laufen	52	52	0	0	0	0
	7	Laufen	30	30	0	0	0	0
	7	Kräftigung	35	0	0	0	35	0
	7	Laufen	36	35	1	0	0	0
	B/A	mit Auto unterwegs etwas gestresst						
26.1.	B/M	etwas unruhig geschlafen (Bett-Kopfkissen?)						
	8	Laufschule	22	21	1	0	0	0

	8	Bergläufe	109	60	21	28	0	0
	9	Fahrradergometer	45	45	0	0	0	0
	9	Laufen	32	32	0	0	0	0
27.1.	10	Laufschule	21	18	2	0	0	1
	10	Laufen	82	31	49	2	0	0
	10	Fahrradergometer	45	45	0	0	0	0

Trainingswoche 3								
Datum	EH / Bef	Trainingsinhalt- Trainingsmittel	Trainings- dauer (min)	Trainingsbereiche				
				A0 (min)	A1 (min)	A2 (min)	A3 (min)	A4 (min)
29.1.	1	Einlaufen	19	18	1	0	0	0
	1	OL-Training	78	73	5	0	0	0
	1	Auslaufen	30	30	0	0	0	0
	B/A	normal						
30.1.	B/M	normal						
	2	Laufschule	21	20	1	0	0	0
	2	Laufen	70	20	49	1	0	0
	3	OL-Training	83	50	4	4	16	9
	3	Auslaufen	11	11	0	0	0	0
	B/A	relativ relaxt						
31.1.	B/M	sehr unruhig geschlafen (musste aufs WC wollte aber nicht aufstehen)						
	4	Laufen	75	74	1	0	0	0
	5	OL-Training	82	81	1	0	0	0
	B/A	normal						
1.2.	B/M	normal (während Messung etwas abgelenkt durch frühstückende Kollegen)						
	6	OL-Training	109	78	2	4	8	17
	7	Laufen	45	45	0	0	0	0
	7	Kräftigung	30	0	30	0	0	0
	B/A	befinden normal Umgebung während Messung sehr laut						
2.2.	B/M	gut geschlafen trotzdem etwas müde (körperlich)						
	8	OL-Training	75	54	4	7	8	2
3.2.	9	Fahrradergometer	65	65	0	0	0	0
	9	Laufen	88	67	20	1	0	0

6.5.2.2 Herzfrequenz bei den Messungen

Obwohl die Herzfrequenz bei den Messungen nicht exakt der Ruheherzfrequenz entspricht, sind sie hier zur Beurteilung des Aktivierungszustands des Probanden bei den Messungen angegeben. Die Werte bei den Morgenmessungen bewegen sich zwischen 41 und 48 Schlägen pro Minute (bpm) und können daher als Ruhebedingungen eingestuft werden (siehe Abbildung 25).

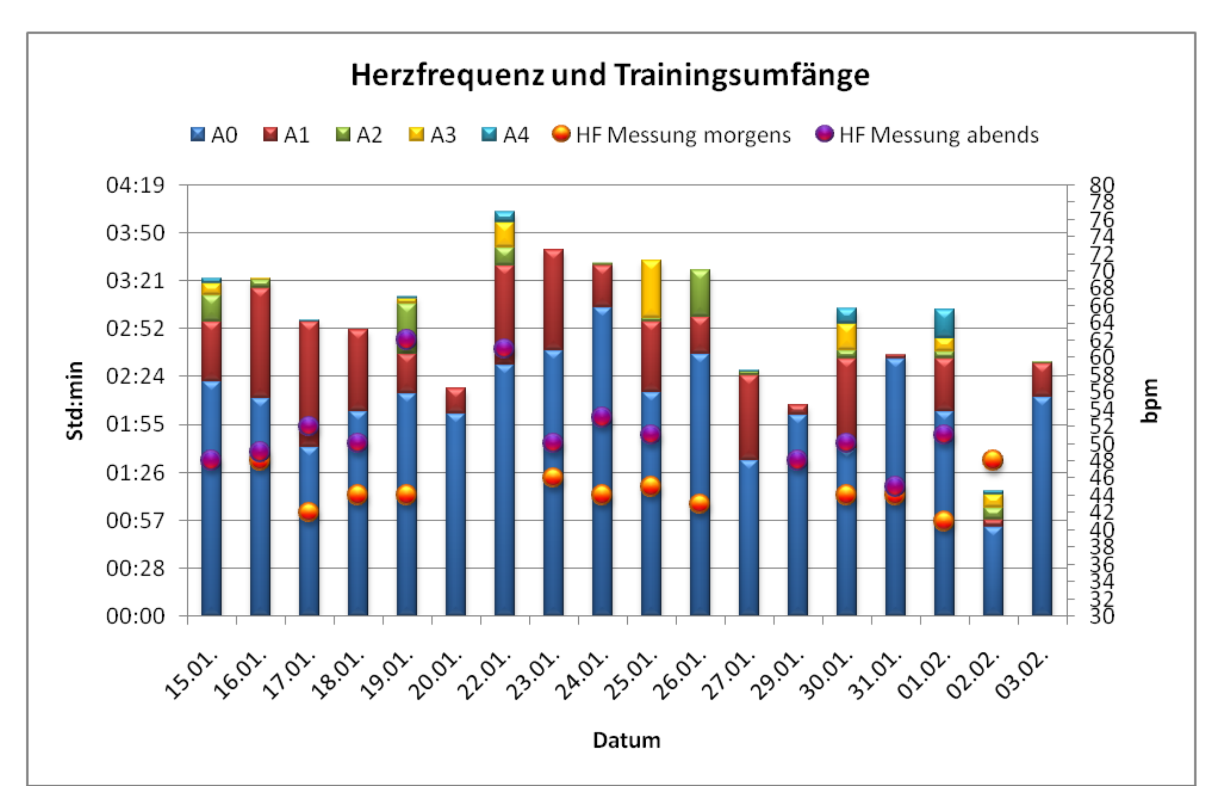


Abb. 25: Herzfrequenzwerte bei den OmegaWave-Messungen und Trainingsumfänge von Proband#2

Bei den Abendmessungen sind doch deutlich höhere Herzfrequenzen zu beobachten (45 bis 62 bpm), was sowohl auf die Nachwirkungen der Trainingsbelastungen als auch auf die psycho-emotionalen Anforderungen des Tages, die im Befindensprotokoll dokumentiert wurden, zurückgeführt werden kann. Trotz der etwas erhöhten Herzfrequenzwerte kann man auch bei den Abendmessungen von Ruhebedingungen sprechen.

6.5.2.3 Rel. VO_2max Index

Der rel. VO_2max Index bleibt, wie in Abbildung 26 ersichtlich, sowohl bei den Morgen- als auch den Abendmessungen annähernd gleich und wechselt zwischen den Werten 68

und 70. Aufgrund der über diesen Zeitraum nicht zu erwartende Veränderung dieses Wertes werden die Verläufe dieses Wertes auch nicht weiter diskutiert.

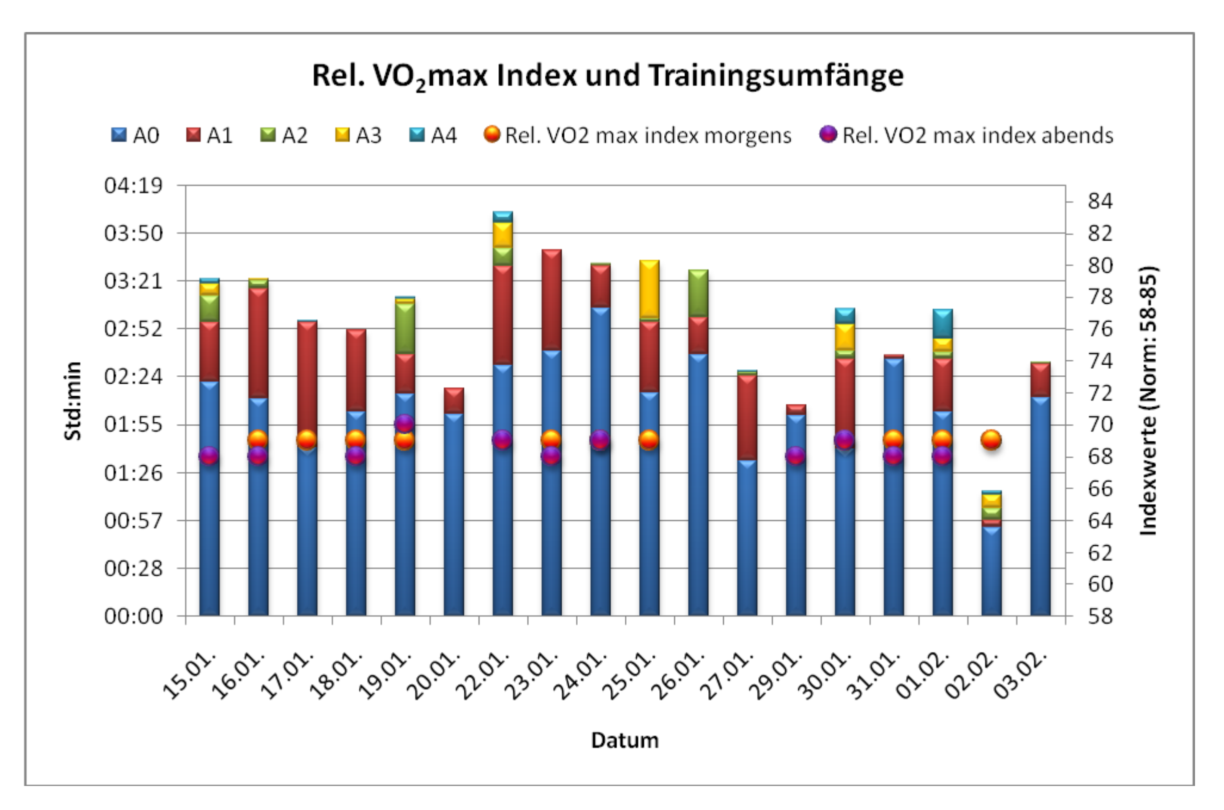


Abb. 26: Rel. VO_2max Index und Trainingsumfänge im Verlauf der Trainingstage von Proband#2

6.5.2.4 Aerobic Status Index

Der Aerobic Status Index liegt bei Proband#2 zwischen 110 und 119. Die Werte am Morgen fallen nie unter 114 und sind, bis auf den 01.02., wo Morgen- und Abendwert gleich sind (117), immer über den Werten der jeweiligen Abendmessung. Am 23.01 am Abend fällt, wie auch bei Proband#1 der Aerobic Status Index auf 110 ab und liegt dabei genau an der Untergrenze der Normwerte. An diesem Tag (3:40 Stunden) und am Vortag (4:03 Stunden) wurden die höchsten Umfänge der gesamten drei Wochen absolviert, wobei am 22.01. die 2200m Intensitätskontrollläufe in den Bereichen A1 bis A4 bergauf auf dem Programm standen. In der Nacht vom 22. zum 23.01. blieb der Indexwert unverändert, was als eine nicht stattfindende Erholung des aeroben Systems über Nacht gedeutet werden kann. Auffallend ist auch der 01.02., an dem der Morgen- und Abendwert ident sind. Hier wäre nach OmegaWave das aerobe System wenig bzw. nicht ausreichend beansprucht worden. An diesem Tag waren ein OL-Training mit 3 x 8 Minuten im A3/A4-Bereich am

vormittag und ein regenerativer Lauf (45 Minuten) mit Kräftigungsübungen (30 Minuten) am Programm.

Im Verlauf der drei Wochen ist zu erkennen, dass die Indexwerte beider Messzeitpunkte in der zweiten Trainingswoche am niedrigsten sind. Die Woche war mit 20:42 Stunden auch die Umfangsstärkste aller drei Wochen. Der Aerobic Status Index bei den Abendmessungen der dritten Woche steigt im Verlauf der Woche an und ist auch im Vergleich zu den Vorwochen hier am höchsten. Die dominant aeroben Trainingsstunden im A0/A1-Bereich reduzieren sich auch in dieser Woche auf 13:24 Stunden (Vergleich Woche 2: 19:04 Stunden). Abbildung 27 veranschaulicht die Dynamik der Indexverläufe noch einmal deutlich.

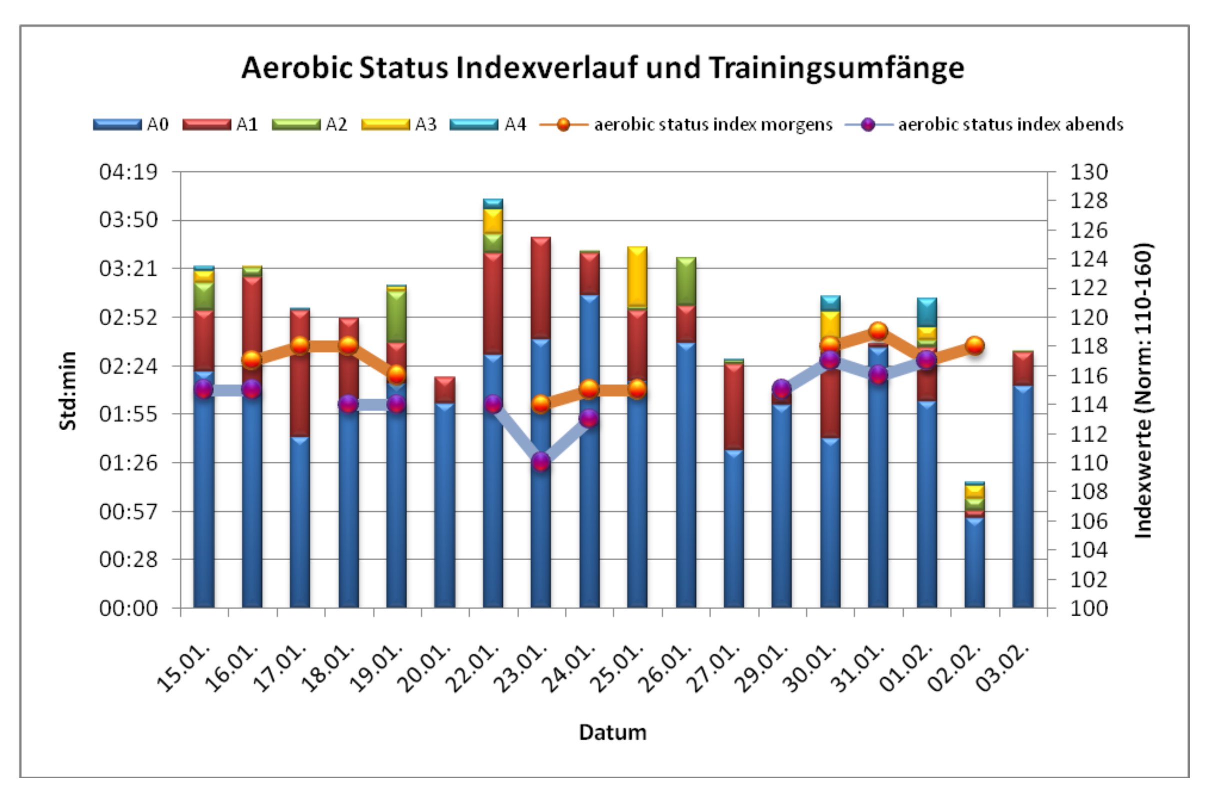


Abb. 27: Aerobic Status Index und Trainingsumfänge im Verlauf der Trainingstage von Proband#2

6.5.2.5 Anaerobic Status Index

Die Werte des Anaerobic Status Index liegen bei Proband#2 zwischen 125 und 144 und befinden sich zwölfmal von 22 Messungen unter der Normuntergrenze von 132. Der höchste Indexwert wurde an einem Abend (31.01.) gemessen und der niedrigste Wert von 125 überraschenderweise an einem Morgen (23.01.). Der Anaerobic Status Index sinkt dabei vom Vorabend ausgehend um drei Indexpunkte. Der 22.01. war, wie schon erwähnt,

der Tag mit Bergtestläufen (bis zum A3-Bereich) am Vormittag und der umfangstärkste Tag der gesamten drei Wochen. Ein deutlicher Abfall der Indexwerte über Nacht ist auch noch in der dritten Trainingswoche zu beobachten, wo vom 30. zum 31.01. und vom 31.01. zum 01.02. der Wert um sieben bzw. acht Indexwerte abfällt. Der Anstieg des Anaerobic Status Index während des Tages ist gleich an mehreren Tagen festzustellen (16./19./23./30./31.01 und 01.02.). Bis auf einen Tag (31.01.) beträgt der Unterschied ein bis drei Indexpunkte. Am 31.01. hingegen steigt der Anaerobic Status Index von 129 am Morgen auf 144 am Abend an. Der Indexwert, laut OmegaWave repräsentativ für die anaerobe Funktionskapazität, ist demnach während des Tages um 15 Indexpunkte angestiegen. An diesem Tag wurde zweimal (75 und 82 Minuten) ausschließlich im A0-Bereich trainiert. Wie zuvor schon erwähnt fiel der Wert über Nacht von 144 auf 137 ab. Die Abendwerte sind in den ersten beiden Trainingswochen immer unter der Normgrenze und in der dritten Woche immer darüber. Nur einmal (31.01.) liegt ein Indexwert in der dritten Woche und zwar bei einer Morgenmessung unter der Normgrenze von 132. Somit sind die Werte des Anaerobic Status Index in der dritten Woche im Schnitt am höchsten. In der zweiten Trainingswoche hingegen sind die Indexwerte im Vergleich zu den anderen Wochen am niedrigsten. Die Grafik in Abbildung 28 zeigt nochmals die Verläufe der Anaerobic Status Indexwerte.

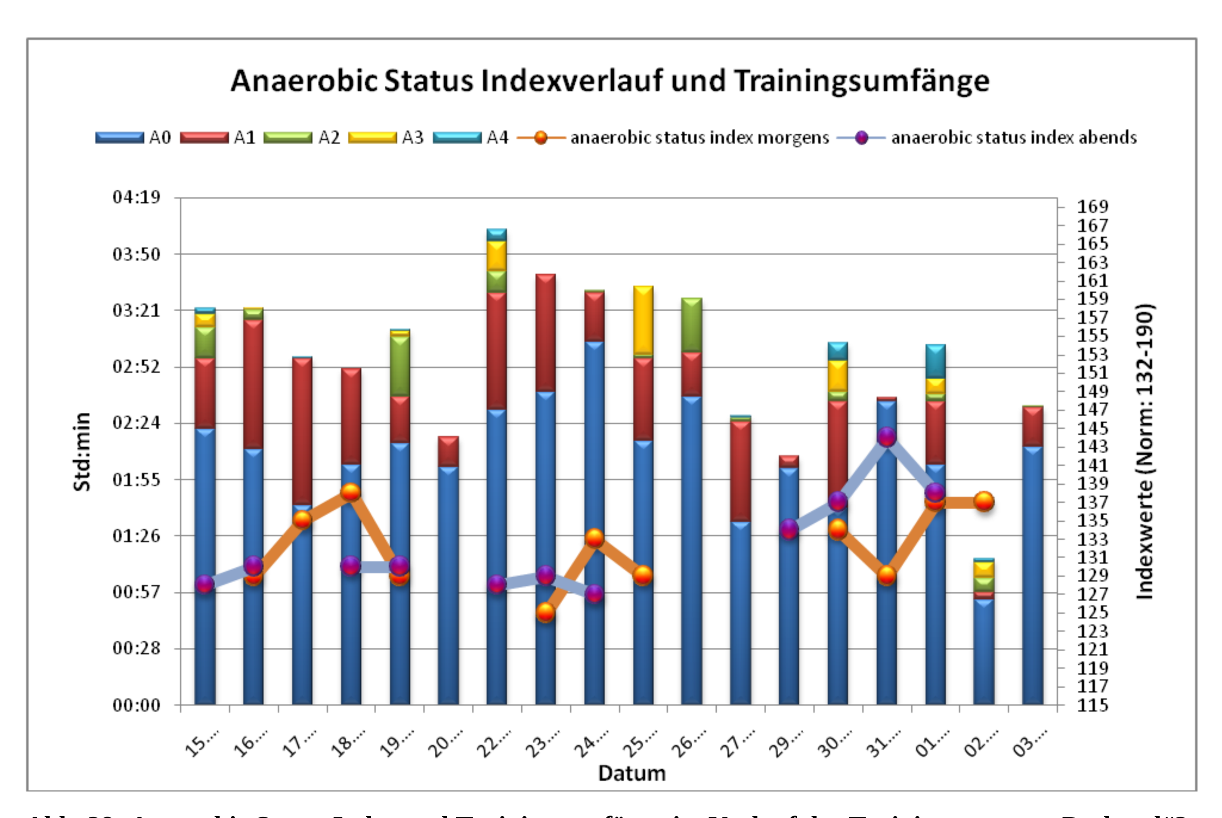


Abb. 28: Anaerobic Status Index und Trainingsumfänge im Verlauf der Trainingstage von Proband#2

6.5.2.6 Alactic Status Index

Die Alactic Status Indexwerte rangieren bei Proband#2 zwischen 11 bis 16. In den ersten beiden Wochen liegen sechs von sieben Abendwerten an der Normuntergrenze von 12. Nur der Wert der Morgenmessung am 23.01. liegt unterhalb der Normgrenze. Der höchste Wert ist am 31.01. am Abend zu finden und damit sind die beiden Werte (niedrigster und höchster) zu den gleichen Messzeitpunkten wie beim Anaerobic Status Index auszumachen. Bei Betrachtung der Wochenverläufe des Alactic Status Index ist auffallend, dass sowohl die Verläufe der Morgenwerte als auch die der Abendwerte den Verläufen des Anaerobic Status Index sehr ähnlich sind. Im Verlauf der drei Trainingswochen fällt der Alactic Status Index untertags zweimal (18. und 24.01.), bleibt an zwei Tagen unverändert (19.01. und 01.02.) und steigt von der Morgen- zur Abendmessung an drei Tagen (23./30. und 31.01.), wobei an diesen Tagen jedoch in verschiedenen Intensitäten trainiert wurde. Abbildung 29 verdeutlicht nochmals die Verläufe des Alactic Status Index.

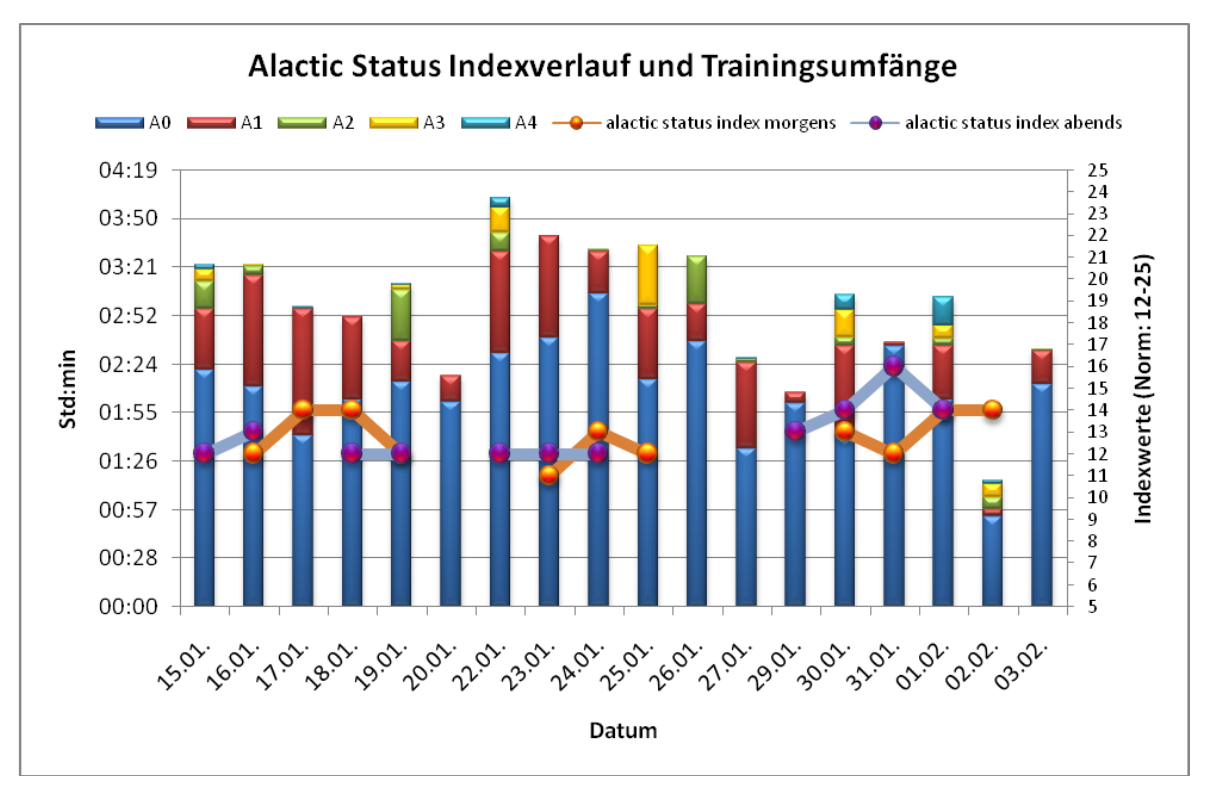


Abb. 29: Alactic Status Index und Trainingsumfänge im Verlauf der Trainingstage von Proband#2

6.5.2.7 System's Adaptation Index

Die Werte des System's Adaptation Index bewegen sich von 196 bis 209 und befinden sich dadurch im unteren Drittel der Normwerte. In den ersten beiden Trainingswochen sind tendenziell höhere Werte bei den Morgenmessungen gegenüber denen der Abendmessung erkennbar. Am 19./23.01. und 01.02. sind die beiden Tagesmesswerte jedoch ident. Niedrige Indexwerte am Morgen, im Vergleich zum Abend, sind nur in der dritten Testwoche zu erkennen (30. und 31.01.). Hier beträgt der Anstieg zwei bzw. sieben Indexpunkte, wobei am 30.01. ein intensiver Orientierungslauf (16 Minuten A3; 9 Minuten A4) sowie Schrittsprungserien am Tagesplan standen und am 31.01. zwei aerobe Grundlagenläufe im A0-Bereich durchgeführt wurden. Der nächtliche Abfall des System's Adaptation Index ist vom 22. zum 23.01., vom 30. zum 31.01. und vom 31.01. zum 01.02. festzustellen. Dies würde laut OmegaWave-Aussagen auf eine Verringerung der Anpassungskapazität über Nacht hindeuten. Die Trainingsintensitäten waren am 22. und 30.01. mit A3- und A4-Abschnitten deutlich höher als am 31.01., an dem nur im A0-Bereich trainiert wurde. Die Trainingsumfänge betrugen an diesen Tagen chronologisch gereiht 4:03 Stunden, 3:05 Stunden und 2:37 Stunden. Auch hier ist zu erkennen, ähnlich dem Aerobic Status Indexverlauf, dass vor allem die Abendwerte von der ersten zur zweiten Woche tendenziell abfallen und in der dritten Woche deutlich höher ausfallen. Der höchste Abendwert der ersten beiden Wochen beträgt 200 und der niedrigste System's Adaptation Indexwert in der dritten Woche 203. Wie aber auch schon in der Beschreibung der Trainingsumfänge erwähnt, erhöht sich der Trainingsumfang von Woche 1 auf Woche 2 um 15% und reduziert sich in der letzten Trainingswoche deutlich um 29% im Vergleich zur zweiten Trainingswoche. Die A3- und A4-Anteile steigern sich von 14 auf 54 Minuten in den ersten beiden Wochen und weiter auf 58 Minuten in der dritten Woche. Prozentual zum Gesamtumfang bedeutet dies eine Steigerung von 1,3% auf 4,3% und 6,6% im Laufe der drei Trainingswochen. Abbildung 30 veranschaulicht den Indexverlauf nochmals grafisch.

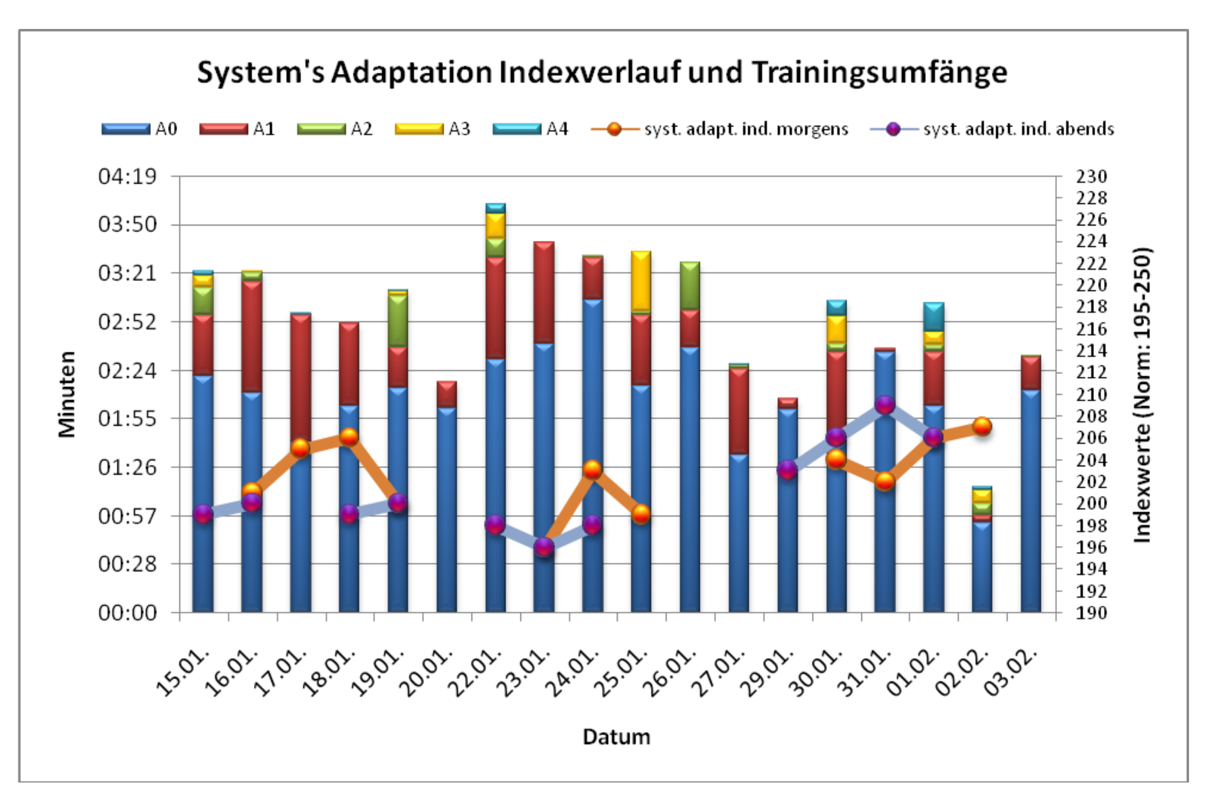


Abb. 30: System's Adaptation Index und Trainingsumfänge im Verlauf der Trainingstage von Proband#2

6.5.2.8 Heartrate at Anaerobic Threshold

Die von OmegaWave Sport 2.0 Software berechneten Herzfrequenzen an der anaeroben Schwelle, die in Abbildung 31 zu sehen sind, zeigen in ihrem Verlauf keine besonderen Merkmale auf und können aufgrund der geringen Streuung von zwei Schlägen während des gesamten Testzeitraums als wenig verändert bezeichnet werden.

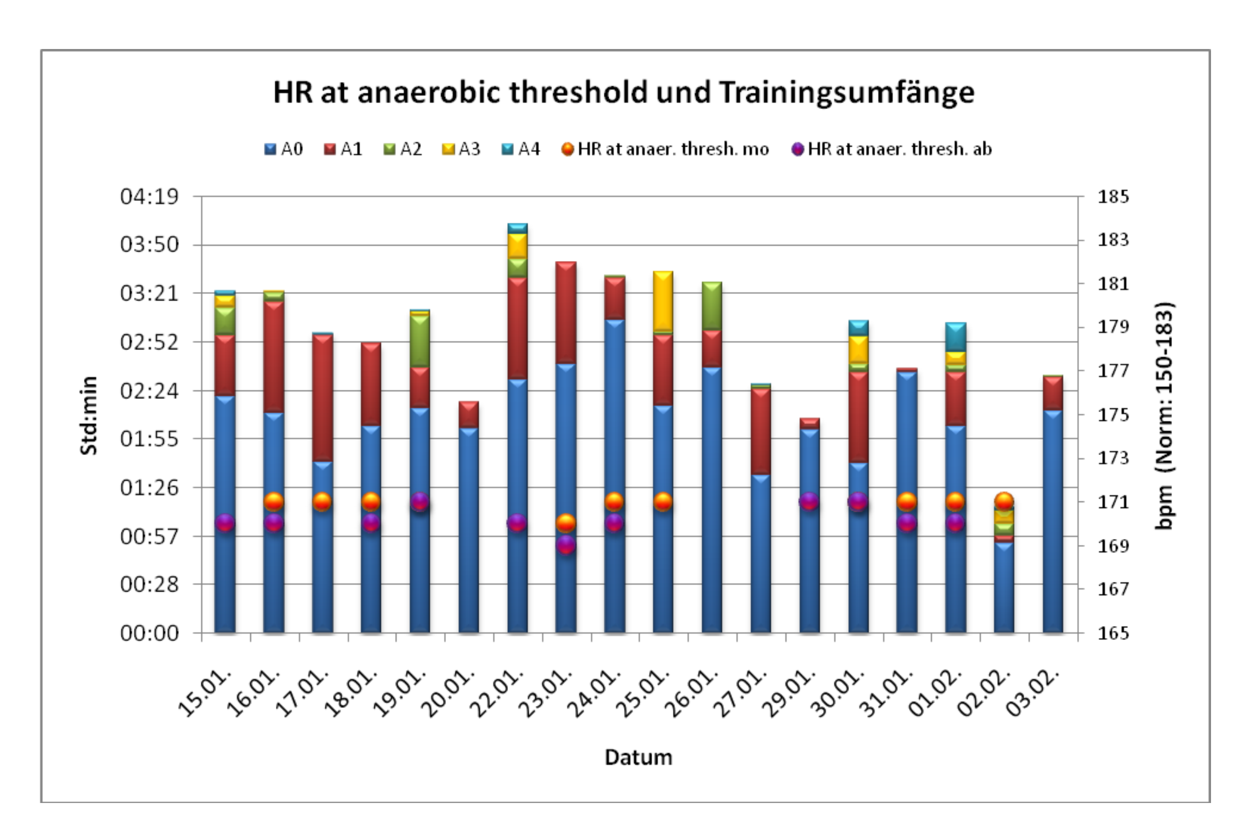


Abb. 31: Herzfrequenz an der anaeroben Schwelle und Trainingsumfänge im Verlauf der Trainingstage von Proband#2

6.5.2.9 Zusammenfassung und Interpretation

Aufgrund der niedrigen Herzfrequenzwerte bei den Messungen von Proband#2 kann daraus geschlossen werden, dass bei den Messungen annähernd Ruhebedingungen herrschten und damit reliable Testbedingungen bei den Morgen- und Abendmessungen hergestellt wurden. Die gemessenen Herzfrequenzen des Probanden#2 sind generell sehr niedrig (zwischen 40 und 45 Schläge pro Minute am Morgen) und im Vergleich zu den anderen Probanden auch die niedrigsten. Dies könnte als eine sehr gute konditionelle Verfassung des Athleten im Allgemeinen und speziell im Vergleich mit seinen Kollegen interpretiert werden.

Die Rel. VO_2max Indexwerte bleiben bei den Morgen- und Abendmessungen nahezu gleich und erreichen Werte zwischen 68 und 70. Diese sind im interindividuellen Vergleich aller beteiligten Athleten wiederum die niedrigsten und entsprechen somit nicht der durch leistungsdiagnostische Testverfahren ermittelten aeroben Funktionskapazität, die bei Probanden#2 als die am stärksten Einzustufende ist.

Bei den Messergebnissen aller anderen Indizes von Proband#2 ist zu erkennen, dass die abendlichen Messungen vor allem in der dritten Woche deutlich höhere Werte aufweisen. In der zweiten Woche fallen sie ein wenig ab bzw. bleiben annähernd gleich. Die Beanspruchung der energetischen Systeme durch die Trainingsbelastungen untertags dürfte demnach in der dritten Trainingswoche weniger gravierend als in den Vorwochen ausgefallen sein. Ob die Umfangsreduktion in der dritten Trainingswoche damit zu tun hat, bleibt dahingestellt, denn es ist zu erkennen, dass alle Morgenwerte der Indizes, bis auf den Aerobic Status Index, unterhalb der Abendwerte liegen. Dieser Verlauf würde eine sinkende Kapazität der Systeme während der Nacht bedeuten und eine Erhöhung dieser untertags. Mögliche Erklärungsansätze dieser Beobachtungen bleiben dem Verfasser dieser Arbeit an dieser Stelle verborgen.

Die Morgenwerte der Indizes sind im Verlauf des Testzeitraums eher auf gleichem Niveau, wobei man in der zweiten Trainingswoche gering niedrigere Werte erkennen kann. Die höchsten Trainingsumfänge in dieser Woche, dominant im A0- und A1-Bereich, und die Summation der Belastungen mit denen der Vorwoche, könnten Ursache dieser Verminderung des Funktionsstatus der energetischen Systeme in der zweiten Woche sein.

Ähnliche Indexverläufe über die drei Wochen zeigen der Anaerobic Status Index, der Alactic Status Index und der System’s Adaptation Index an, bei denen vor allem der deutliche Tagesanstieg des Indexwertes am 31.01. hervorsticht. An diesem Tag wurden zwei 80-minütige Laufeinheiten im A0-Bereich absolviert. Dies könnte ein möglicher Erklärungsansatz für die deutliche Kapazitätserhöhung während des Tages sein, da bei regenerativen Belastungen im A0-Bereich der Funktionsstatus, vor allem des Anaeroben und Alaktaziden Systems, wenig bis gar nicht beansprucht wird und sich dieser daher erholen kann. Der Anaerobic Status Index weist generell bei allen vergleichenden Tagesmessungen die meisten Indexanstiege im Tagesverlauf auf, nämlich an sechs von acht Tagen. Somit würde es an diesen Tagen, laut OmegaWave Sport Technology®, zu einer Erhöhung des anaeroben Funktionsstatus während des Tages gekommen sein. Dies könnte auf die doch deutliche Dominanz der aeroben Trainingsintensitäten während der drei Testwochen und die höhere Kapazität des aeroben energetischen Systems von Proband#2 gedeutet werden. Die selten festzustellende Verminderung des anaeroben und alaktaziden Funktionsstatus während des Tages und die daraus geschlossene Vermutung, dass diese Systeme beim Training wenig beansprucht worden sind, wird durch die Tatsache, dass sich bei diesen beiden Indizes die Morgenwerte immer an der

Normuntergrenze befinden und es somit, laut OmegaWave, eine deutliche Beanspruchung vorliegt, nicht unbedingt untermauert.

Auch beim Alactic Status Index und dem System's Adaptation Index sind mehrere Tage mit Indexerhöhung zu erkennen. Nur beim Aerobic Status Index liegen die Morgenwerte immer über den Abendwerten. Die Verringerung der Indexwerte über Nacht ist ebenfalls beim Anaerobic Status, Alacitc Status und System's Adaptation Index zu verzeichnen. Die Tage 23./31.01. sowie 01.02. weisen niedrigere Indexwerte als am Vorabend auf. An den Tagen vor diesen verringerten Morgenwerten wurden Trainingseinheiten absolviert, die von hohem Umfang (4:03 Stunden) mit A3/A4-Abschnitten, über mittlerem Umfang (3:05 Stunden) ebenfalls mit A3/A4-Abschnitten und mittlerem Tagesumfang (2:37 Stunden) ausschließlich im A0-Bereich reichten und daher unterschiedlich strukturiert waren. Ob es Verzögerungseffekte bei den Reaktionen der energetischen Systemen gibt, die erst Stunden nach der Belastung (eben erst am nächsten Morgen) durch die Indexwerte angezeigt werden, bleibt an dieser Stelle als möglicher Erklärungsansatz dahingestellt und kann vom Verfasser mit den momentan vorhandenen Informationen nicht beantwortet werden. Der Aerobic Status Index ist von diesem Phänomen der Verringerung des Indexwertes ausgenommen. Während letztgenannter Index und der System's Adaptation Index während der drei Wochen nie unter die Normgrenze fallen, ist der Anaerobic Status Index einen Großteil der Messungen unter der Normgrenze. Der Alactic Status Index fällt nur einmal unter die Grenze und verharrt achtmal direkt an der Untergrenze. Eine starke Beanspruchung dieser energetischen Systeme bei den über den gesamten Zeitraum aerob dominierenden Trainingsbelastungen ist nur schwer vorstellbar. Eine generell geringe Kapazität dieser Funktionssysteme kann nicht beurteilt werden, da keine Ausgangswerte von den Probanden vorhanden sind. Ein Mitgrund, warum die Werte an der Normuntergrenze nicht sinnvoll in Bezug auf die Trainingsbelastungen interpretiert werden können.

Die Werte der Heartrate at anaerobic ahreshold sind bei Proband#2 auch wenig bedeutsam gestreut und weisen keine auffälligen Indexsprünge auf. Diese Werte sind Empfehlungen für das Training, die bereits aus Berechnungen der anderen Parameter entstanden sind. Da punktuelle Herzfrequenzempfehlungen ohnedies in der Sportpraxis nur schwer umzusetzen sind, können die Werte der Schwellenherzfrequenz von 169 bis 170 bpm als Schwellenfrequenzspanne angesehen werden. Diese Werte liegen annähernd bei der

Herzfrequenz an der 4mmol Schwelle, die Proband#2 bei einer Laufbandergometrie im März 2007 (172 bpm) erreichte.

Zusammenfassend können bei den Indexverläufen der einzelnen metabolischen Parameter bei Proband#2 ebenfalls keine klar ersichtlichen Zusammenhänge mit dem Umfang und der Intensität der gesetzten Trainingsbelastungen hergestellt werden. Rückschlüsse von Indexveränderungen auf die Methodik und die Tagesverteilung der gesetzten Trainingsbelastungen konnten ebenfalls keine geschlossen werden. Ebenso offen wie bei Proband#1 bleibt die individuelle Beanspruchungshöhe der gesetzten Trainingsbelastungen aufgrund der nicht einsichtigen Belastbarkeitskapazitäten und Belastbarkeitsgrenzen der energetischen Systeme des Athleten.

6.5.3 Proband#3

6.5.3.1 Trainingsaufzeichnungen

Proband#3 absolvierte in der ersten Trainingswoche 13:10 Stunden, reduzierte auf 12:32 Stunden in der zweiten Trainingswoche und steigerte den Umfang in der folgende Woche beim spezifischen OL-Trainingskurs in Ungarn wieder auf 14:37 Trainingsstunden pro Woche. Die Anteile der Trainingsintensitäten von A0 und A1 erhöhten sich von 9:54 Stunden (75,2% vom Wochenumfang) auf 10:38 Stunden (84,8%) in den ersten beiden Wochen und wurden in der dritten Trainingswoche mit 10:28 Stunden (71,6% vom Wochenumfang) etwa gleich der Vorwoche gehalten. Der Trainingsbereich A2 zeigt eine deutliche Anteilssenkung von der ersten zur zweiten Testwoche von 16,8% (2:13 Stunden) auf 8,2% (1:02 Stunden) vom Gesamtwochenumfang an und erhöht sich in der folgenden dritten Woche wieder auf 16,8% (2:27 Stunden). Der Anteil des A0/A1-Bereichs, gemessen am Gesamtwochenumfang, ist bei Proband#3 im Vergleich zu den vorher beschriebenen Probanden deutlich geringer und der A2- und A3-Anteil dafür um einiges höher. Der Trainingsbereich A3 verhält sich im Laufe der drei Wochen ähnlich dem A2-Anteil und weist die Wochensummen von 63 Minuten in der ersten Woche, 52 Minuten in der zweiten Woche und 77 Minuten in der dritten Woche auf und bleibt dabei in der Intensitätsverteilung der Wochensumme zwischen 7 und 8%. Der A4-Trainingsbereich wurde nur in der dritten Trainingswoche eingesetzt (24 Minuten bzw. 2,9%) und zwar bei

den gemeinsamen orientierungstechnischen Läufen. Abbildung 32 veranschaulicht nochmals die Wochentrainingsumfänge unterteilt in den Trainingsbereichen.

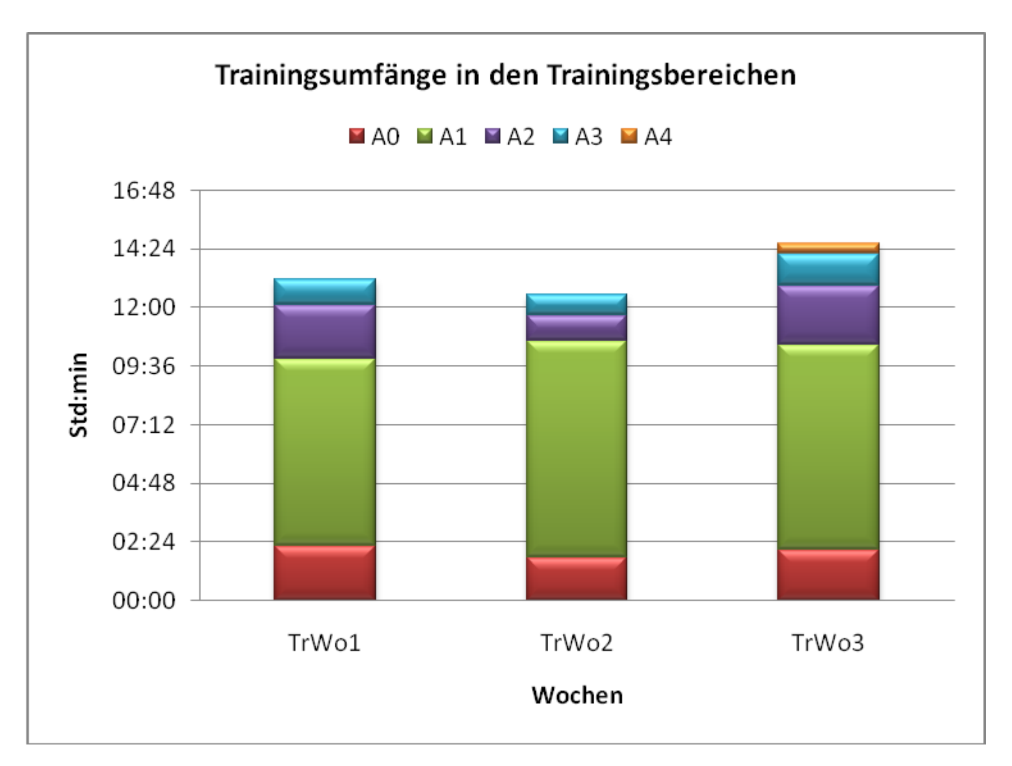


Abb. 32: Grafische Darstellung der Trainingsumfänge pro Woche von Proband#3

Bei der Betrachtung der täglichen Trainingsaufzeichnungen von Proband#3 fällt auf, dass dieser im Gegensatz zu seinen Trainingskollegen in den ersten beiden Wochen meist nur eine ausdauerorientierte Trainingseinheit absolvierte. Nur jeweils am Donnerstag wurde eine zweite belastende Ausdauereinheit durchgeführt. Regenerative Einheiten und Kräftigungsübungen ergänzten den Rest der anderen Wochentage. Es wurden ebenfalls einige längere Skilanglaufeinheiten in den ersten beiden Wochen absolviert, aber auch schon im Gegensatz zu seinen Trainingskollegen schwerpunktmäßig Laufeinheiten in den Trainingsbereichen A2 und A3 absolviert. 8 x 1000m in A3 bzw. Wechseltempoläufe zwischen A1 und A2 sowie progressive Dauerläufe bis in den A3-Bereich können als doch recht spezifische Trainingseinheiten für diesen Trainingszyklus bezeichnet werden. Funktionelles Krafttraining sowie spezielle Stabilisationsübungen, welche in Stations- bzw. Zirkelform absolviert wurden, sind den Trainingsbereichen A2 und A3 zugeordnet worden, weil die metabolische Beanspruchung dabei zwischen 2 und 3 mmol Laktat gelegen hat. Dieses Training wurde von Proband#3 je zweimal in der ersten Woche und einmal in der dritten Woche durchgeführt. Ergänzend zum Laufen wurde in der dritten Trainingswoche der Fahrradergometer für regenerative Zwecke eingesetzt, wobei in dieser

Woche einmal täglich OL-spezifisch im Gelände trainiert wurde und dazu eine regenerativ stabilisierende Trainingseinheit durchgeführt wurde. Der Trainingsbereich A4 wurde nur bei den OL-Läufen erreicht und verteilte sich auf vier Einheiten, wobei die längste A4-Beteiligung in Summe 13 Minuten dauerte. Die täglichen Trainingsinhalte, Umfänge (in Minuten) und Intensitäten (Trainingsbereiche) pro Trainingseinheit sowie schriftliche Kommentare zum subjektiven Befinden zum Zeitpunkt der OmegaWave-Messungen, das immer zwischen sehr gut (=1) und genügend (=4) betitelt wurde, sind in Tabelle 11 aufgelistet.

Tabelle 11: Trainingsaufzeichnungen von Proband#3

Trainingswoche 1								
Datum	EH / Bef	Trainingsinhalt-Trainingsmittel	Trainings-dauer (min)	Trainingsbereiche				
				A0 (min)	A1 (min)	A2 (min)	A3 (min)	A4 (min)
15.1.	1	SLL-Skating	78	14	64	0	0	0
	B/A	2 (Schulnotensystem 1=sehr gut; 5= sehr schlecht-krank)						
16.1	B/M	3						
	2	Laufen	86	17	40	6	23	0
	3	Fahrradergometer	45	45	0	0	0	0
	3	Kräftigung	20	0	0	10	10	0
	3	Halteübungen	20	0	0	10	10	0
	B/A	1						
17.1.	B/M	3						
	4	SLL-Skating	126	4	114	8	0	0
	B/A	2						
18.1.	B/M	3						
	5	Laufen	74	3	51	20	0	0
	6	SLL-Skating	81	1	68	12	0	0
	B/A	2						
19.1.	B/M	3						
	7	Laufen	65	1	21	43	0	0
	8	Fahrradergometer	30	30	0	0	0	0
	8	Kräftigung	20	0	0	10	10	0
	8	Halteübungen	20	0	0	10	10	0
	8	Fahrradergometer	15	15	0	0	0	0
21.1.	9	Laufen	110	5	101	4	0	0

Trainingswoche 2								
Datum	EH / Bef	Trainingsinhalt-Trainingsmittel	Trainings-dauer (min)	Trainingsbereiche				
				A0 (min)	A1 (min)	A2 (min)	A3 (min)	A4 (min)
22.1.	1	SLL-Skating	112	6	99	7	0	0
	B/A	2						
23.1.	B/M	2						
	2	Laufen	88	22	36	6	24	0
	3	Ergometer	30	30	0	0	0	0
	B/A	2						
24.1.	B/M	2						
	4	SLL-Klassisch	147	8	138	1	0	0
	B/A	2						
25.1.	B/M	2						
	5	Laufen	65	1	45	19	0	0
	6	SLL-Skating	90	4	86	0	0	0
	B/A	2						
26.1.	B/M	1						
	7	Laufen	56	4	22	21	9	0
	7	Laufen	20	0	20	0	0	0
	8	Fahrradergometer	15	15	0	0	0	0
27.1.	9	Laufen	45	12	31	2	0	0
	9	Laufen	84	3	56	6	19	0

Trainingswoche 3								
Datum	EH / Bef	Trainingsinhalt-Trainingsmittel	Trainings-dauer (min)	Trainingsbereiche				
				A0 (min)	A1 (min)	A2 (min)	A3 (min)	A4 (min)
29.1.	1	OL-Training	89	4	63	22	0	0
	B/A	2						
30.1.	B/M	1						
	2	Laufen	88	1	87	0	0	0
	3	OL-Training	69	11	24	12	17	5
	B/A	2						
31.1.	B/M	1						
	4	Laufen	66	1	19	46	0	0
	5	OL-Training	75	5	37	33	0	0

	B/A	3						
1.2.	B/M	1						
	6	OL-Training	83	26	26	5	13	13
	7	Laufen	79	1	78	0	0	0
	7	Fahrradergometer	13	1	12	0	0	0
	B/A	4						
2.2.	B/M	4						
	8	OL-Training	23	2	14	1	3	3
	8	OL-Training	31	9	9	3	7	3
	9	Fahrradergometer	23	23	0	0	0	0
	9	Kräftigung	20	0	0	10	10	0
	9	Halteübungen	20	0	0	10	10	0
3.2.	10	Laufen	73	17	33	5	17	1
4.2.	11	Laufen	103	1	102	0	0	0
	11	Fahrradergometer	22	22	0	0	0	0

6.5.3.2 Herzfrequenz bei den Messungen

Obwohl die Herzfrequenz bei den Messungen nicht exakt der Ruheherzfrequenz entspricht, sind sie hier zur Beurteilung des Aktivierungszustands des Probanden bei den Messungen angegeben. Die Werte bei den Morgenmessungen bewegen sich bei Proband#3 zwischen 54 und 62 Schlägen pro Minute (bpm) und werden daher als nahezu Ruhebedingungen eingestuft (siehe Abbildung 33).

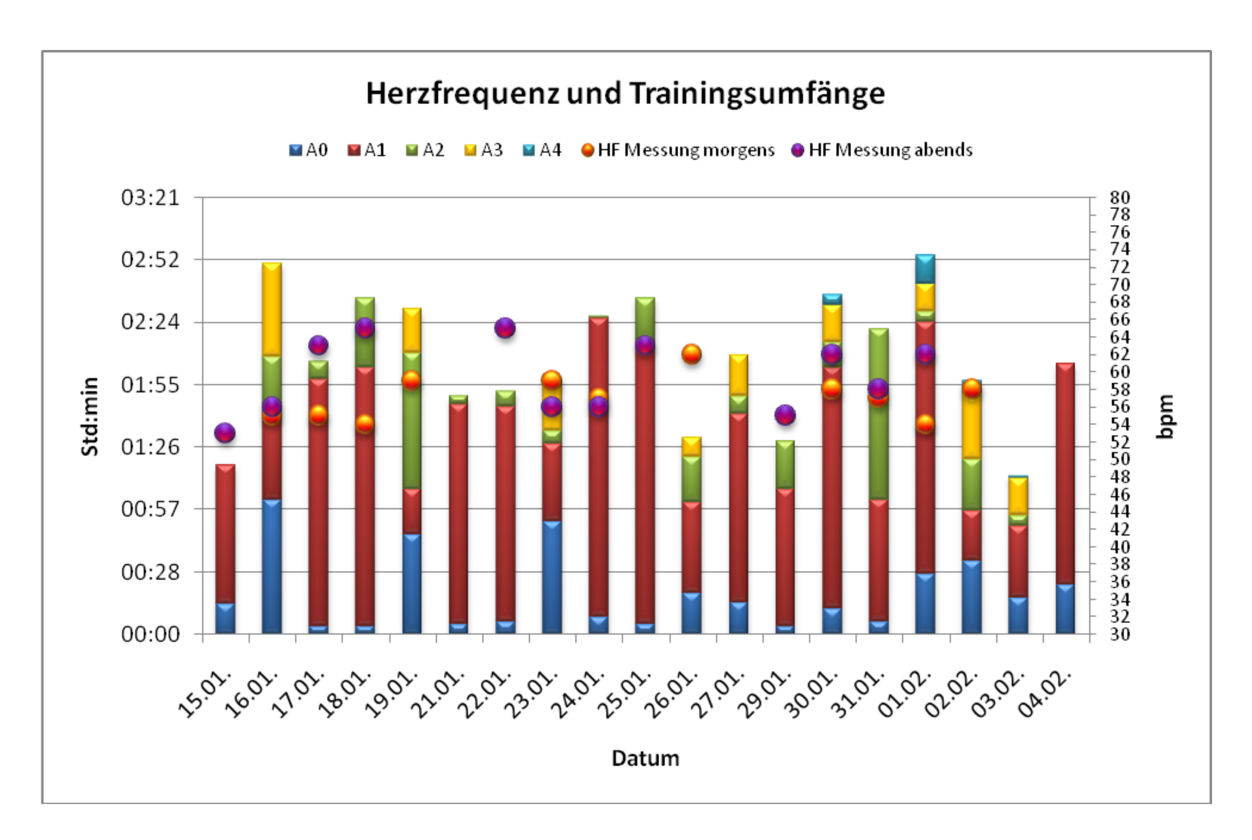


Abb. 33: Herzfrequenzwerte bei den OmegaWave-Messungen und Trainingsumfänge von Proband#3

Bei den Abendmessungen sind etwas höhere Herzfrequenzen zu beobachten (53 bis 65 bpm), was sowohl auf die Nachwirkungen der Trainingsbelastungen als auch auf die psycho-emotionalen Anforderungen des Tages zurückgeführt werden kann. Dennoch wird den Abendmessungen auch Ruhebedingungen zugesprochen.

6.5.3.3 Rel. VO_2max Index

Der Rel. VO_2max Index bleibt sowohl bei den Morgen- als auch den Abendmessungen annähernd gleich und wechselt zwischen den Werten 72 und 73, wie in Abbildung 34 zu sehen ist. Aufgrund der über diesen Zeitraum nicht zu erwartende Veränderung dieses Wertes, wird die Diskussion über diesen Wert hier nicht weiter fortgesetzt.

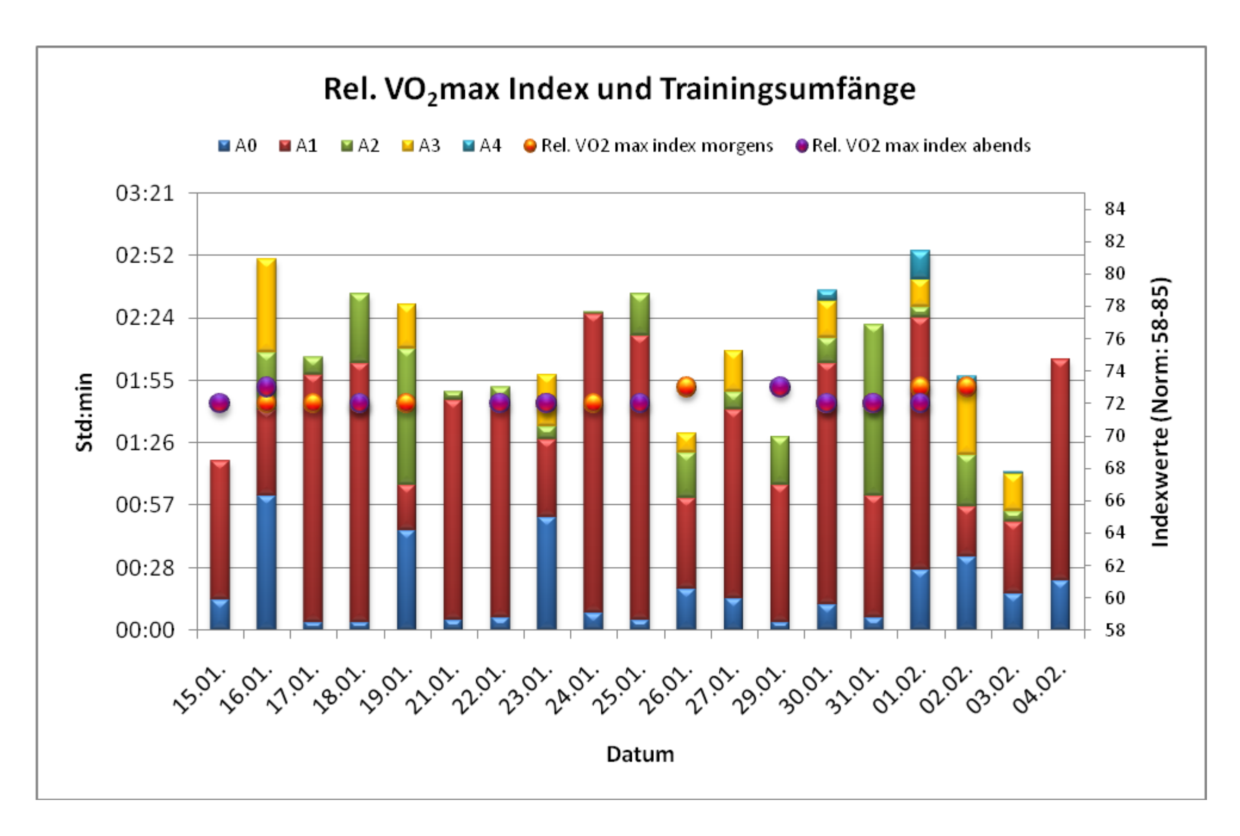


Abb. 34: Rel. VO_2max Index und Trainingsumfänge im Verlauf der Trainingstage von Proband#3

6.5.3.4 Aerobic Status Index

Der Aerobic Status Index bei Proband#3 liegt bei den Messungen zwischen 125 und 130 und befindet sich damit im mittleren Drittel der Normwerte. Trotz der geringen Streuung von nur fünf Indexpunkten ist eine leicht steigende Tendenz bei den Indexwerten im Verlauf der drei Wochen zu erkennen, wobei der Trainingsumfang von der zweiten zur dritten Woche ebenfalls von 12:32 Stunden auf 14:37 Stunden angehoben wurde. Der niedrigste Wert wurde am 18.01. am Abend gemessen, wobei an diesem Tag eine Lauf- (74 Minuten) und eine Skilanglaufeinheit von 81 Minuten mit einmal 12 und einmal 20 Minuten in A2 absolviert wurde. Der höchste Indexwert ist am letzten Tag des OL-Trainingskurses gemessen worden, nachdem am Vortag der umfangsstärkste Tag mit einem 83 Minuten dauernden Orientierungslauf mit je 13 Minuten in A3 und A4 und einer Fahrradergometer/Laufeinheit von 92 Minuten im A1-Bereich absolviert wurde. Bis auf den 16.01., an dem 8 x 1000m im A3-Bereich am Vormittag gelaufen wurden und am Nachmittag eine regenerative A0-Einheit am Fahrradergometer mit 40-minütigem Kräftigungsprogramm absolviert wurde, gab es zwischen den Morgen- und Abendwerten des jeweiligen Tages immer negative Indexunterschiede. Die Unterschiede zwischen

Morgen- und Abendwert beträgt zwei Indexpunkte. Bei den Veränderungen über Nacht ist nur einmal ein Absinken des Aerobic Status Indexwertes zu beobachten. Von 29. zum 30.01. sinkt der Wert um einen Indexpunkt. Am Tag zuvor (29.01.) wurde aufgrund der Anreise zum Trainingskurs nur eine OL-Trainingseinheit von 89 Minuten Dauer durchgeführt, wobei 22 Minuten in A2 gelaufen wurde. An allen anderen Tagen erholt sich der Aerobic Status Index um maximal zwei Punkte. Abbildung 35 verdeutlicht nochmals die Indexverläufe.

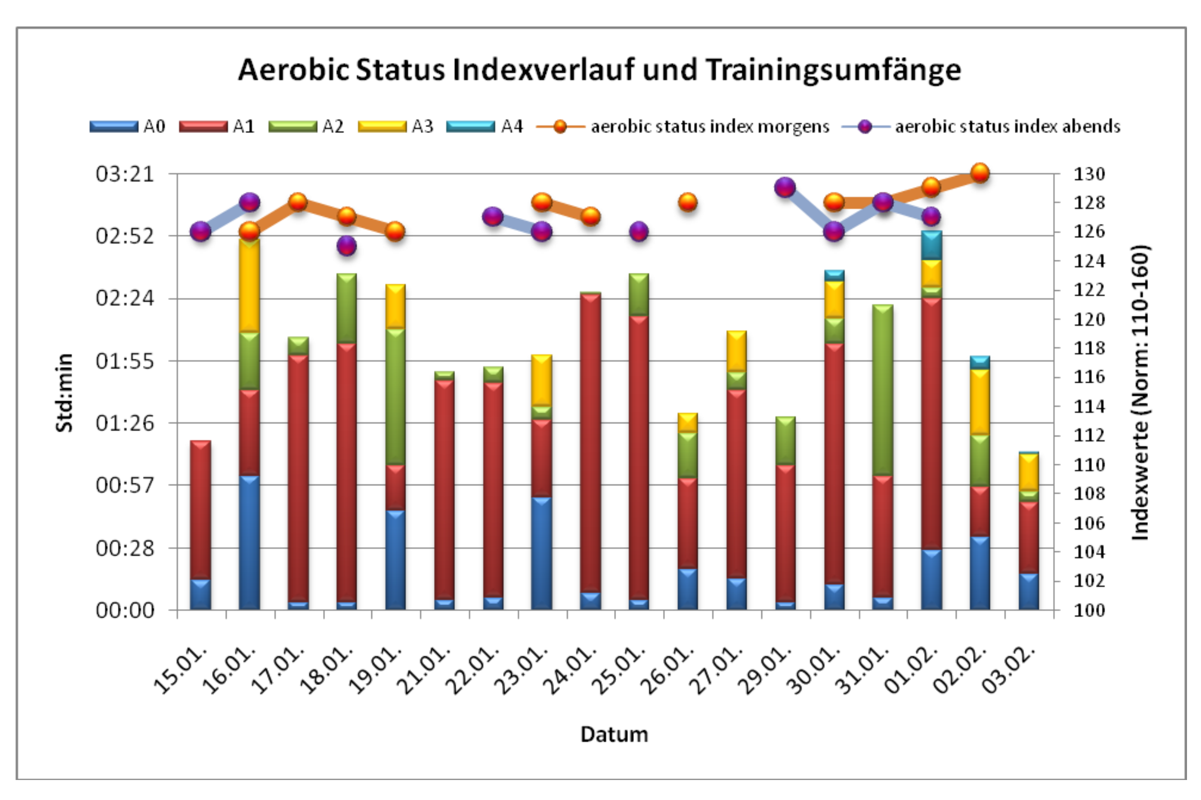


Abb. 35: Aerobic Status Index und Trainingsumfänge im Verlauf der Trainingstage von Proband#3

6.5.3.5 Anaerobic Status Index

Die Werte des Anaerobic Status Index liegen bei den Messungen zwischen 126 und 141 und befindet sich damit im Bereich der Untergrenze der Normwerte. Am 23.01., wo der niedrigste Wert der drei Wochen am Abend gemessen wurde, absolvierte Proband#3 die 8 x 1000m Intervalle im A3-Bereich. Der höchste Wert ist der Morgenwert des 31.01. Am Vortag wurden eine A1-Laufeinheit über 88 Minuten und ein OL-Training über 69 Minuten absolviert, wobei 12 Minuten in A2, 17 Minuten in A3 und 5 Minuten in A4 absolviert waren. Die Erhöhung des Indexwertes untertags fand nur in der dritten Trainingswoche statt. Am 30.01., der soeben vom Trainingsinhalt beschrieben wurde und am 01.02., an dem eine OL-Einheit über 83 Minuten mit je 13-minütigen A3- und A4-

Abschnitten und eine stabilisierende Lauf/Fahrradergometer-Einheit in A1 am Programm stand, erhöhten sich die Indexwerte während des Tages. An allen anderen Tagen ist der Abendwert niedriger als der Morgenwert.

Die nächtliche Veränderung des Anaerobic Status Index ist nach beiden Seiten ersichtlich. viermal sinkt der Wert und sechsmal steigt der Wert über Nacht an, wobei ganz unterschiedliche Trainingsinhalte und Umfänge absolviert wurden. Auffallend ist nur, dass nach den einzigen beiden Tagen, an denen A4-Intensitäten gelaufen wurden, die Indexwerte über Nacht ansteigen. Das Absinken über Nacht findet hingegen, zumindest bei zwei von drei Messungen, nach den Tagen mit den geringsten Umfängen statt. In der ersten Woche bleiben die Indexwerte des Anaerobic Status sehr konstant an der Normuntergrenze liegen. In der zweiten Woche steigen sie ein wenig an und in der dritten Woche haben sie die höchsten Ausschläge, bleiben aber im Schnitt an der Untergrenze des Normbereichs. Die Wochentrainingsumfänge reduzieren sich von der ersten zur zweiten Woche von 13:10 Stunden auf 12:32 Stunden und erhöhen sich in der dritten Woche wieder auf 14:37 Stunden mit erstmaligem Einsatz des A4-Bereichs (25 Minuten).

Die Grafik in Abbildung 36 zeigt nochmals die Verläufe der Anaerobic Status Indexwerte.



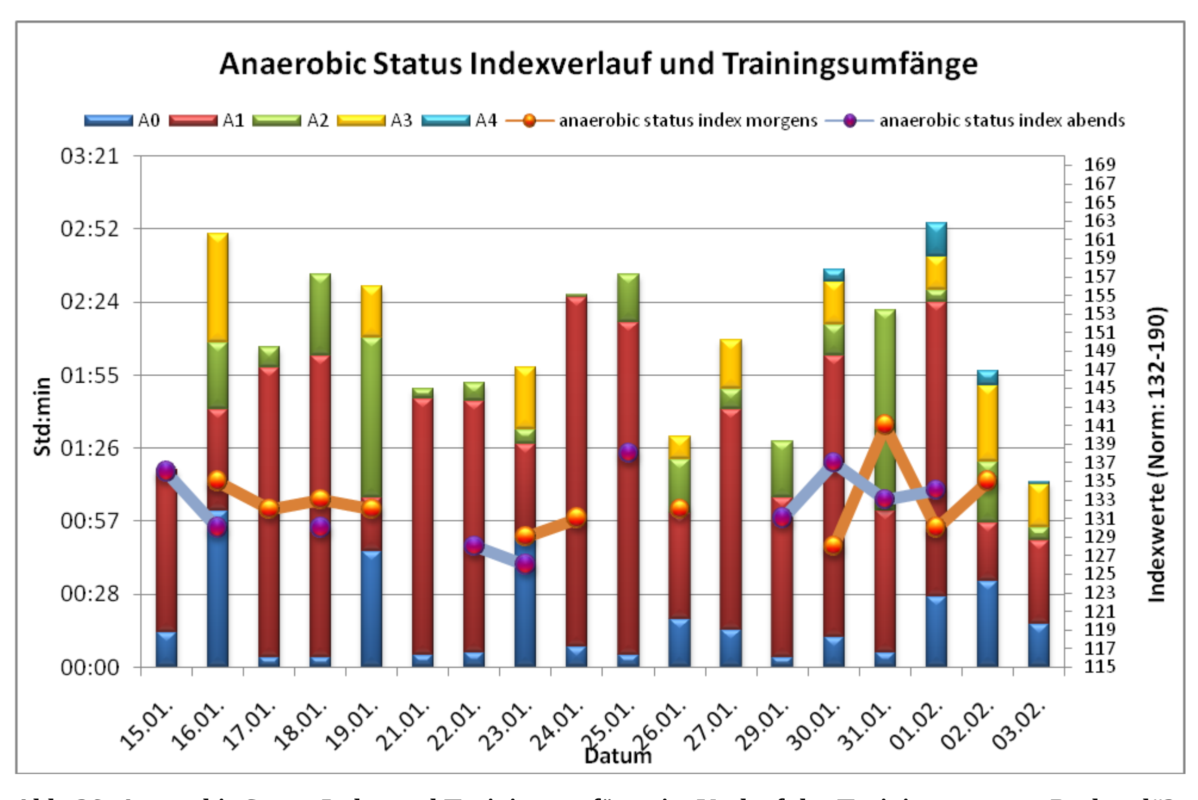


Abb. 36: Anaerobic Status Index und Trainingsumfänge im Verlauf der Trainingstage von Proband#3

6.5.3.6 Alactic Status Index

Die Werte des Alactic Status Index bewegen sich an der Untergrenze des Normbereichs bzw. leicht darüber. Der niedrigste Wert beträgt elf und wurde an einem Abend gemessen und der höchste Alactic Status Index von 15 wurde am Morgen des 31.01. ermittelt. Auffallend sind die beiden „Extremwerte“ insofern, weil sie an den gleichen Tagen wie die des Anaerobic Status Index zu finden sind. Die Morgenwerte der ersten Woche stagnieren auf dem Wert 13, bleiben dann in der zweiten Woche auf bzw. nahe dem unteren Normwert und haben die größte Streuung in der dritten Trainingswoche. Die Werte der Abendmessungen sind in den ersten beiden Wochen um die Normgrenze verteilt und in der dritten Woche immer ein bis zwei Indexpunkte darüber. Die nächtlichen Veränderungen sind in beide Richtungen ausgeglichen und denen des Anaerobic Status Index sehr ähnlich. Die Veränderungen untertags sind viermal fallend und zweimal steigend, wobei an den beiden Tagen der Indexerhöhung zwei Trainingstage mit A4-Einheiten und recht hohen Umfängen (2:37 und 2:55 Stunden) angezeigt sind. Abbildung 37 verdeutlicht nochmals die Verläufe des Alactic Status Index.

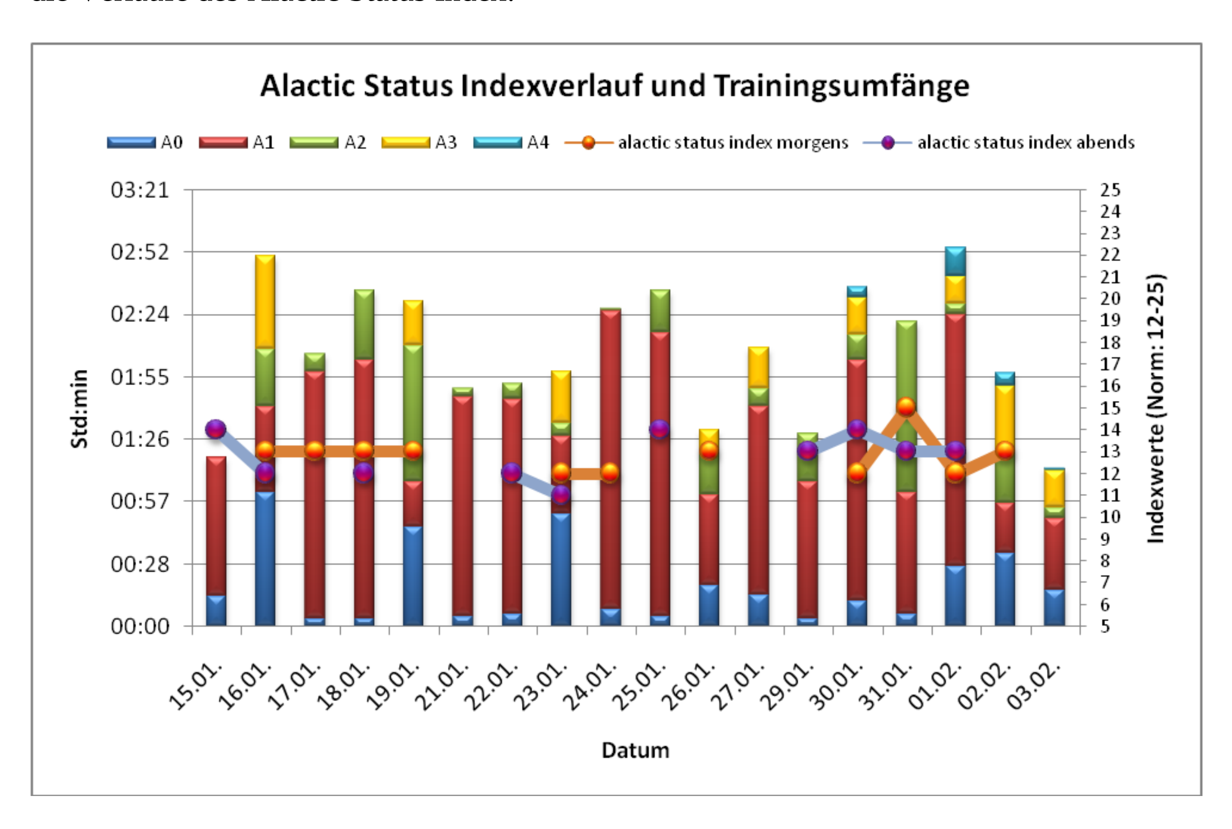


Abb. 37: Alactic Status Index und Trainingsumfänge im Verlauf der Trainingstage von Proband#3

6.5.3.7 System's Adaptation Index

Die Werte des System's Adaptation Index rangieren von 206 bis 214 und befinden sich im oberen Bereich des unteren Drittels der Normwerte. Der Verlauf des System's Adaptation Index ist dem des Anaerobic Status Index sehr ähnlich und ein sukzessives Absinken der Werte bis in die Hälfte der zweiten Woche wird von einem anschließenden Ansteigen bis zum Ende des Testzeitraums abgelöst. Die niedrigsten und höchsten Werte sind abermals am 23.01. und 31.01. zu erkennen und die täglichen Indexwertveränderungen sind an den gleichen Tagen wie beim Anaerobic Status Index zu finden. Die nächtlichen Indexänderungen verhalten sich bis auf die ersten beiden Messungen ebenfalls gleich mit denen des Anaerobic Status Index. Interessant zu beobachten ist die Erhöhung der Anpassungskapazität, die der System's Adaptation Index laut OmegaWave repräsentiert, an den Tagen, an denen sehr lange und mit deutlich höherer Intensität als an anderen Tagen trainiert wurde. Die Streuung der Indexwert ist im Gegensatz zu einigen anderen Trainingskollegen mit acht Indexpunkten doch recht gering. Abbildung 38 veranschaulicht den Indexverlauf nochmals grafisch.

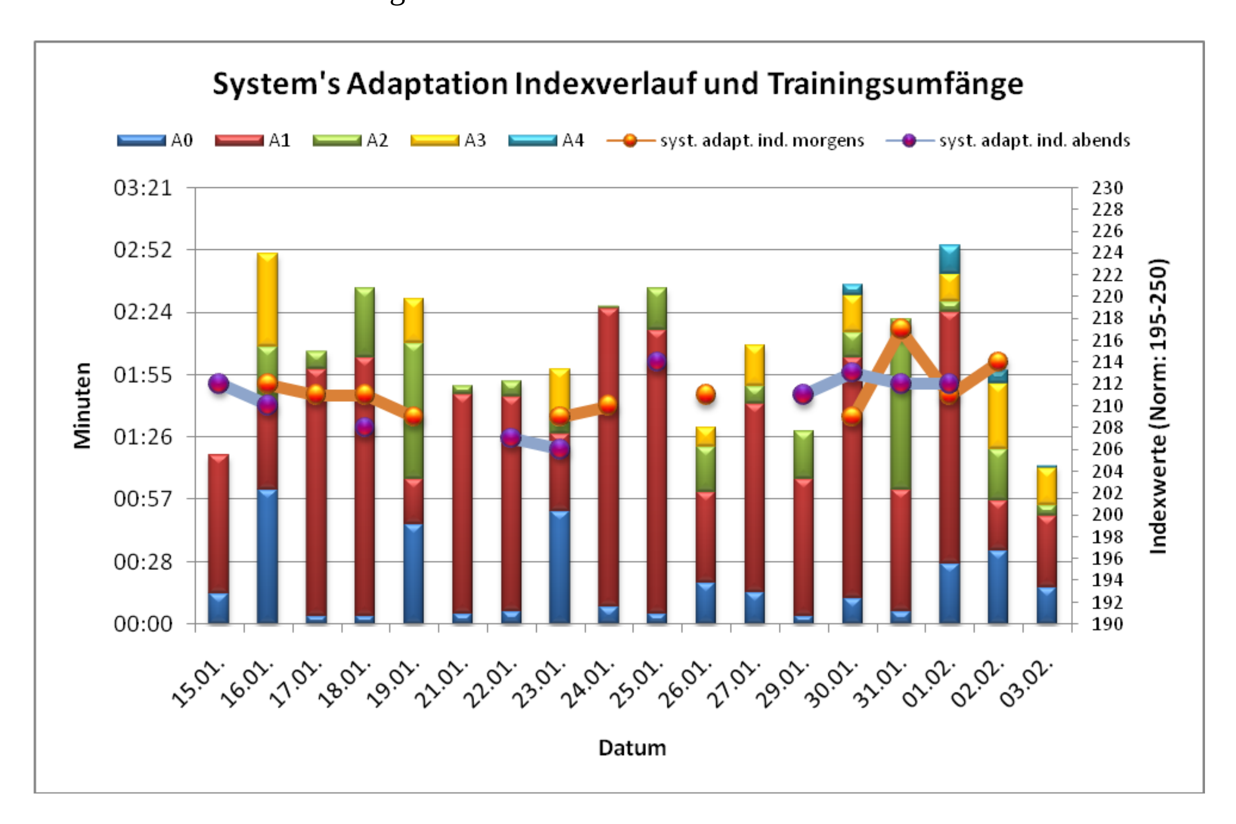


Abb. 38: System's Adaptation Index und Trainingsumfänge im Verlauf der Trainingstage von Proband#3

6.5.3.8 Heartrate at Anaerobic Threshold

Die von OmegaWave Sport 2.0 Software berechneten Herzfrequenzen an der anaeroben Schwelle zeigen in ihrem Verlauf keine besonderen Merkmale auf und können aufgrund der geringen Streuung von drei Schlägen (von 174 bis 177 bpm) während des gesamten Testzeitraums als wenig verändert bezeichnet werden (siehe Abbildung 39).

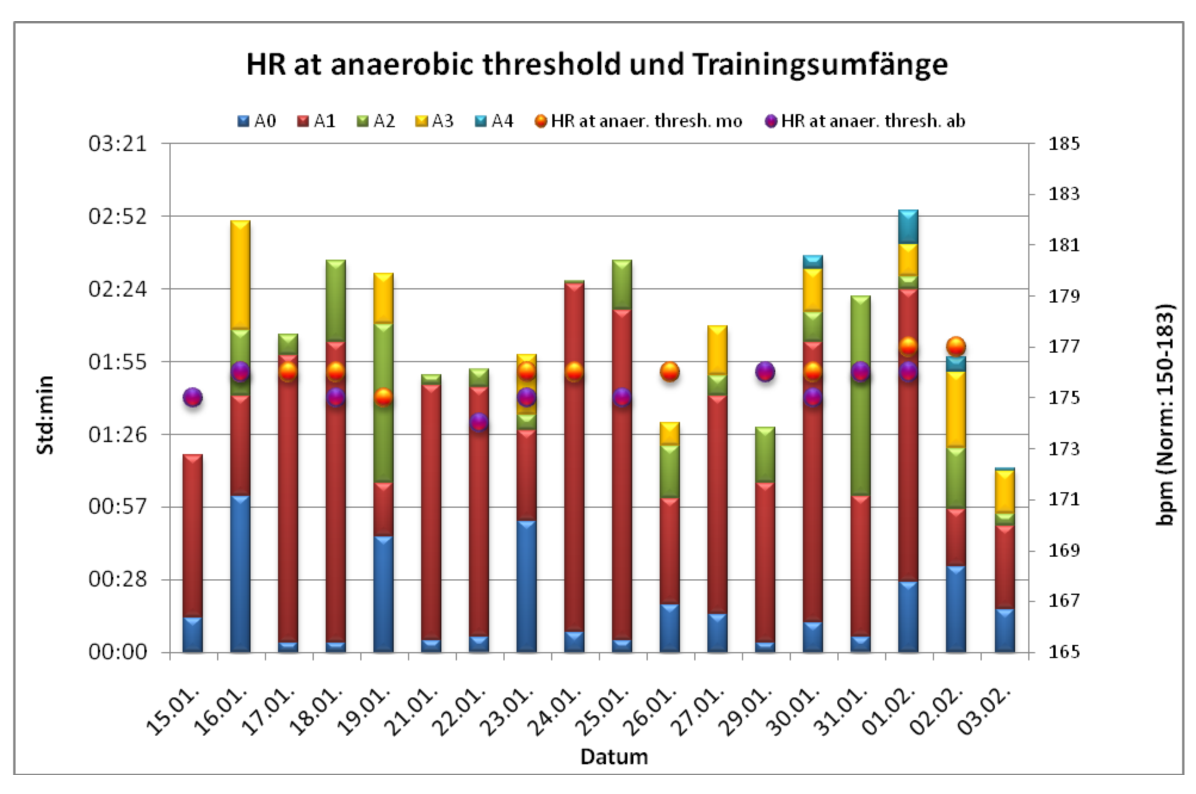


Abb. 39: Herzfrequenz an der anaeroben Schwelle und Trainingsumfänge im Verlauf der Trainingstage von Proband#3

6.5.3.9 Zusammenfassung und Interpretation

Aufgrund der niedrigen und wenig gestreuten Herzfrequenzwerte bei den Messungen von Proband#3 kann davon ausgegangen werden, dass immer unter Ruhebedingungen getestet wurde und somit reliable Testbedingungen bei den Morgen- und Abendtestungen vorhanden waren.

Die Rel. VO_2max Indexwerte bleiben bei den Morgen- und Abendmessungen nahezu gleich und zeigen mit einem Index von 72 und 73 im Vergleich zu den anderen Probanden die zweithöchsten Werte an. Tatsächlich gemessene VO_2max Werte liegen dem Verfasser

dieser Arbeit nicht vor und können daher den berechneten Indexwerten von OmegaWave nicht gegenübergestellt werden.

Der Aerobic Status Index bewegt sich bei Proband#3 doch deutlich über der Normuntergrenze und weist auch nur geringe Schwankungen auf. Die Abendwerte rangieren über die drei Wochen um den Wert 126 und die Morgenwerte der Messungen lassen einen leichten Anstieg über die drei Testwochen erkennen. Die Höhe des aeroben Funktionsstatus, der durch den Aerobic Status Index laut OmegaWave ausgedrückt wird, verringert sich im Tagesverlauf (Vergleich Morgen- zu Abendmessung) bis auf einen Tag, den 16.01., an dem sich der Funktionsstatus trotz Trainingsbelastungen erhöht. Die Werte des Aerobic Status Index erhöhen sich über Nacht bis auf eine Ausnahme ebenfalls und zeugen daher laut Omega Wave von einer Erholung dieses energetischen Systems. Die generell höher ausfallenden Aerobic Status Indexwerte könnten mit den geringeren Umfängen des Probanden#3 im Gegensatz zu denen der anderen Athleten in Verbindung stehen. Dies würde bedeuten, dass dieser seine Kapazitäten nicht in solch einem Ausmaß gefordert hat, dass der Aerobic Status Index bis auf seine Normuntergrenze ausschlägt. Die Umfangsveränderung in den drei Wochen lässt sich am Aerobic Status Index nicht erkennen, da die umfangstärkste Woche die höchsten Indexwerte aufweist und somit die am stärksten erholten Funktionssysteme repräsentieren würde.

Bei den Verläufen der metabolischen Indizes des OmegaWave Sport Technology® Systems ist bei Proband#3 weiter auffallend, dass der Aerobic Status und der System's Adaptation Index nie unter die Normgrenze fallen, währenddessen der Anaerobic und Alactic Status Index sich ständig an der Normuntergrenze bewegen. Diese Beobachtung wurde auch bereits bei Proband#2 gemacht. In den ersten beiden Wochen fallen diese beiden Indizes untertags immer ab, was auf eine Mitbeanspruchung des anaeroben bzw. alaktaziden Stoffwechsels bei den Trainingseinheiten hindeuten könnte und steigen während des Tages in der dritten Woche zwei- von dreimal an. Sie erhöhen sich demnach im Laufe des Tages, obwohl an diesen zwei Tagen A4-Intensitäten bei OL-Läufen dabei sind. An den Tagen der ersten und zweiten Woche sind jedoch keine A4-Bereiche bei den Trainingsbelastungen dokumentiert.

Die drei Indizes, Anaerobic Status, Alactic Status und System's Adaptation Index, weisen alle drei einen sehr ähnlichen Verlauf der Werte auf. Sogar die Wertesprünge fallen proportional zueinander sehr ähnlich aus. Die Richtung der Veränderung der Indexwerte untertags ist bei allen drei metabolischen Parametern gleich. Die Indizes des Anaerobic

Status und des System's Adaptation Index sind sogar in Bezug auf die Höhe der Indexveränderungen von Tag zu Tag stark ident. Auffallend an diesen drei Indizes ist der Umstand, dass das nächtliche Absinken des Wertes immer nach Trainingsbelastungen mit A2-Abschnitten auftreten. Inwieweit der A2-Trainingsbereich mit Laktatwerten bis 2,5 mmol den anaeroben Funktionsstatus nachhaltig beansprucht und dadurch auslenkt, bleibt zu diskutieren.

Verwirrend ist die Tatsache, dass an den Tagen der A2- und A3-Abschnitte bei den Trainingseinheiten der Anaerobic Status Index untertags absinkt und an den Tagen der A4-Abschnitte ansteigt, wobei festzuhalten ist, dass der Anteil der anaeroben Energiebereitstellung im A4-Intensitätsbereich doch deutlich höher einzustufen ist als bei den beiden anderen Trainingsintensitäten. Die umgekehrt proportionale Indexveränderung der drei letztgenannten Indexwerte in Bezug auf die Trainingsintensitäten in der dritten Woche lassen wieder nur die Vermutung einer etwaigen Verzögerung der Reaktionen der OmegaWave Indizes in Bezug auf eine intensive Belastungsintensität, wie die des A4-Bereichs zu.

Die Werte der Heartrate at anaerobic threshold sind in diesem Zusammenhang auch wenig bedeutsam gestreut und weisen keine auffälligen Wertesprünge auf. Außerdem sind diese Werte Empfehlungen für das Training, die bereits aus Berechnungen der anderen Parameter entstanden sind. Im Vergleich mit direkt gemessenen Schwellenherzfrequenzen von Proband#3 lässt sich feststellen, dass die bei einer Laufbandergometrie im Dezember 2006 gemessene Herzfrequenz an der 4mmol Schwelle von 183 Schlägen pro Minute deutlich über der von OmegaWave empfohlenen Herzfrequenz von 174 bis 177 liegt.

Abschließend kann bei Proband#3 auch kein eindeutiges Indexverhalten in Relation zu den Trainingsbelastungen herausgelesen werden, denn die in ihrer energetischen Beanspruchung charakteristischen Trainingsintensitäten rufen keine erwartete Auslenkungen der Indexwerte der diversen metabolischen Systeme hervor. Ob die Belastungshöhe nicht ausreichend der Beanspruchungskapazität des Athleten entsprochen hat oder der Athlet unzureichend belastet wurde, um eindeutige Auslenkungen zu provozieren, kann hier nicht beantwortet werden. Andere biologische Dynamiken, die einen Einfluss auf die Auslenkungs- und Anpassungsreaktionen des Organismus auf Belastung haben, könnten weitere Erklärungsansätze für die soeben dargestellten Beobachtungen sein.

6.5.4 Proband#4

6.5.4.1 Trainingsaufzeichnungen

Proband#4, der vom Lebens- und Trainingsalter her jüngste Athlet, absolvierte in der ersten Trainingswoche 12:16 Stunden, reduzierte auf 10:52 Stunden in der zweiten Trainingswoche und hielt diesen Wochenumfang auch annähernd in der dritten Trainingswoche beim spezifischen OL-Trainingskurs mit 10:56 Wochenstunden bei. Die Trainingsbereiche A0 und A1 reduzierten sich von der ersten zur zweiten Trainingswoche von 9:50 Stunden auf 7:26 Stunden, das entspricht einer Verringerung von 80,2% auf 68,4% vom Gesamtwochenumfang, und wurden wieder auf 7:43 Stunden in der dritten Trainingswoche, was 70,6% vom Wochenumfang bedeutet, angehoben. Der Trainingsbereich A2 zeigt eine deutliche Anteilssteigerung in der zweiten Testwoche von 15,6% (1:55 Stunden) auf 23,3% (2:32 Stunden) an und reduziert sich in der folgenden dritten Woche auf 17,2% (1:53 Stunden) vom jeweiligen Wochenumfang. Der Anteil des A0/A1-Bereichs, gemessen am Gesamtwochenumfang, ist bei Proband#4 im Vergleich zu den anderen Probanden am geringsten und der A2-Anteil dagegen am höchsten. Der Trainingsbereich A3 erhöht sich im Laufe der drei Wochen sukzessive von 31 Minuten, dies entspricht 4,2% vom Wochenumfang, auf 50 Minuten in der zweiten Woche, was 7,7% entspricht, um in der OL-spezifischen Trainingswoche mit 76 Minuten, entspricht 11,6% vom Gesamtwochenumfang, seinen Höhepunkt zu erlangen. Obwohl, wie bei allen Langzeitausdauerdisziplinen üblich, der rein aerobe Grundlagenbereich auch hier dominiert, ist festzuhalten, dass vor allem der aerob-anaerobe Übergangsbereich A2 deutlich höher repräsentiert ist als bei den anderen Athleten. Der A3-Bereich weist mit 1:16 Stunden in der dritten Trainingswoche auch einen der höchsten absoluten Trainingszeiten der ganzen Trainingsgruppe auf. Abbildung 40 veranschaulicht nochmals die Wochentrainingsumfänge unterteilt in den Trainingsbereichen.

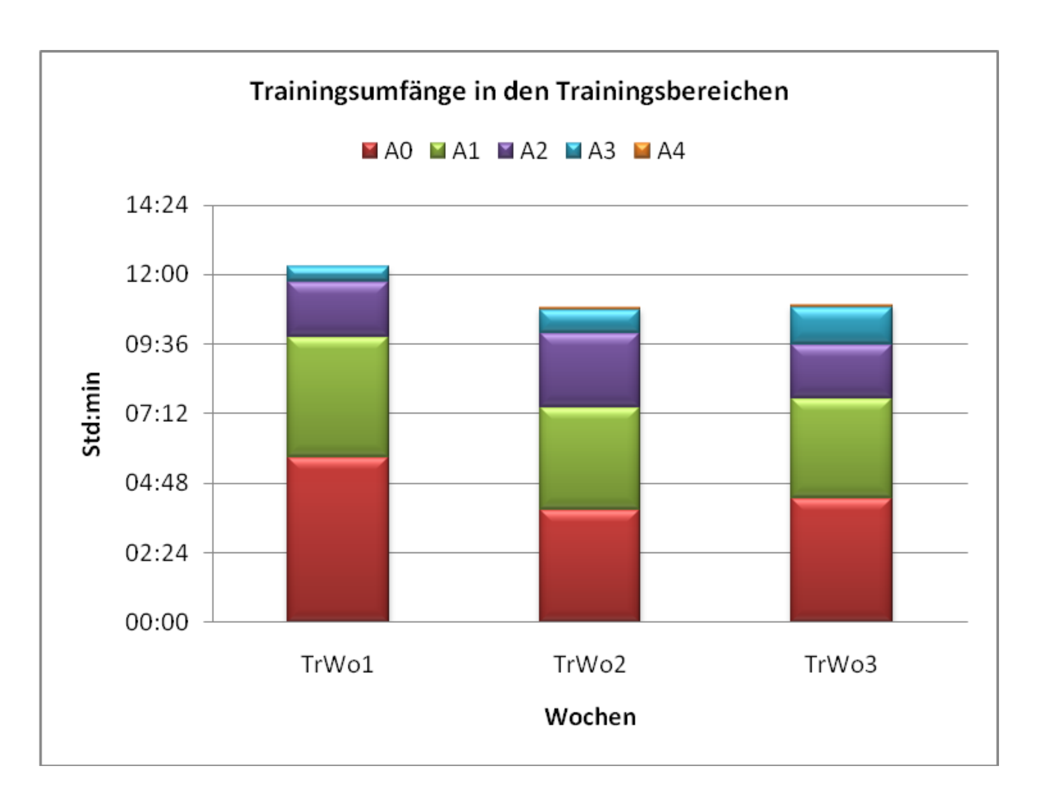


Abb. 40: Grafische Darstellung der Trainingsumfänge pro Woche von Proband#4

Viele Trainingseinheiten wurden in den ersten beiden Wochen aufgrund des Skilanglaufkurses am Langlaufski absolviert, wobei diese Einheiten, zwar im A0/A1-Bereich geplant, aber letztendlich doch zu gut einem Drittel der Trainingszeit auch im A2-Bereich absolviert wurden. Die Skieinheiten wurden fast immer mit einem Lauf über 20 bis 30 Minuten, die ausschließlich im A0/A1-Bereich absolviert wurden, kombiniert. Am Montag der ersten Woche wurde ein Lauftest im kupierten Gelände zur Überprüfung der Trainingsintensitäten absolviert, der eine Woche später in Form von Bergläufen wiederholt wurde. Bei diesen Intensitätskontrollen wurden zwischen 1000m und 2000m in den Trainingsbereichen A0 bis A4 gelaufen. Einmal (dritte Woche) bis zweimal (erste und zweite Woche) pro Woche absolvierte Proband#4 auch Sprungschrittserien im Rahmen eines Lauftechniktrainings, die an einem Tag pro Woche, meist Freitag, mit Bergläufen im A2-Bereich ergänzt wurden.

A2-Intensitäten wurden beim Geländelauftest, bei den Bergläufen sowie bei den Skilanglaufeinheiten in den ersten beiden Trainingswochen und in der dritten Woche im Zuge des spezifischen OL-Trainings erreicht. Der Trainingsbereich A4 scheint im Trainingsprotokoll nur an zwei Tagen, nämlich beim Berglauftest am 22.01. und bei einem OL-Training am 02.02., auf. Zwei Wettkämpfe wurden an den Wochenenden der zweiten und dritten Woche absolviert, die dominant im A3-Bereich gelaufen wurden. Funktionelles

Krafttraining sowie spezielle Stabilisationsübungen, welche in Stations- bzw. Zirkelform absolviert wurden, sind einmal (erste und dritte Woche) bzw. zweimal (zweite Woche) pro Woche durchgeführt worden. Diese Einheiten wurden den Trainingsbereichen A2 und A3 zugeordnet, weil die metabolische Beanspruchung dabei zwischen 2 und 3 mmol Laktat gelegen hat. Am 24.01. wurde das Training wegen „schwer belastetem Gefühl“ bzw. „Gefühl von Krankheit“, wie im Befindensprotokoll festgehalten ist, ausgesetzt. Die Äußerungen zum Befinden sind durchwegs verschieden und reichen von „gut erholt‘ über „unausgeruhtes Gefühl“ bis hin zum oben erwähnten „Gefühl von Krankheit“. Die täglichen Trainingsinhalte, Umfänge (in Minuten) und Intensitäten (Trainingsbereiche) pro Trainingseinheit sowie schriftliche Kommentare zum subjektiven Befinden zum Zeitpunkt der OmegaWave-Messungen sind in Tabelle 12 aufgelistet.

Tabelle 12: Trainingsaufzeichnungen von Proband#4

Trainingswoche 1								
Datum	EH / Bef	Trainingsinhalt-Trainingsmittel	Trainings-dauer (min)	Trainingsbereiche				
				A0 (min)	A1 (min)	A2 (min)	A3 (min)	A4 (min)
15.1.	1	Einlaufen	20	20	0	0	0	0
	1	Geländelauftest	33	3	15	11	4	0
	2	SLL-Klassisch	62	28	14	20	0	0
	2	Laufen	30	24	6	0	0	0
	B/A	vor Test gutes Befinden, Klassik LL etwas müde						
16.1	B/M	schlechter Schlaf, mehrmals aufgewacht, Ruhepuls erhöht						
	3	SLL-Klassisch	67	34	13	13	7	0
	3	Auslaufen	11	11	0	0	0	0
	4	Einlaufen	10	6	4	0	0	0
	4	Laufschule; Sprünge	64	35	26	3	0	0
	B/A	unausgeruhtes Gefühl						
17.1.	B/M	Schlaf gut						
	5	SLL-Klassisch	44	17	12	15	0	0
	5	Laufen	45	21	24	0	0	0
	6	Fahrradergometer	30	30	0	0	0	0
	B/A	etwas ermüdet						
18.1.	B/M	sehr guter Schlaf						
	7	SLL-Klassisch	44	16	14	14	0	0

	7	Laufen	40	29	11	0	0	0
	8	Laufen	34	12	22	0	0	0
	8	Kräftigung	40	0	0	20	20	0
	B/A	schwere Muskeln						
19.1.	B/M	guter Schlaf, etwas belastetes Gefühl						
	9	Laufschule; Sprünge	37	26	8	3	0	0
	9	Bergläufe	33	7	11	15	0	0
20.1.	10	Laufen	92	22	69	1	0	0

Trainingswoche 2

Datum	EH / Bef	Trainingsinhalt-Trainingsmittel	Trainings-dauer (min)	Trainingsbereiche				
				A0 (min)	A1 (min)	A2 (min)	A3 (min)	A4 (min)
22.1.	1	Einlaufen	20	11	9	0	0	0
	1	Berglauftest	37	12	6	9	6	4
	1	Auslaufen	20	20	0	0	0	0
	2	SLL-Klassisch	47	8	17	22	0	0
	2	Halteübungen	27	0	0	17	10	0
	B/A	Schlaf normal, erholtes Gefühl						
23.1.	B/M	Schlaf nicht optimal						
	3	SLL-Klassisch	73	21	25	26	1	0
	4	Einlaufen	14	12	2	0	0	0
	4	Laufschule; Laufen	59	47	12	0	0	0
	B/A	belastetes Gefühl den ganzen Tag						
24.1.	B/M	Extrem belastetes Gefühl, Gefühl von Krankheit						
	B/A	kein Training						
25.1.	B/M	Schlaf normal, gut erholt wieder						
	5	SLL-Klassisch	45	9	20	16	0	0
	5	Laufen	29	23	6	0	0	0
	6	Einlaufen	32	6	26	0	0	0
	6	Kräftigung	30	0	0	20	10	0
	6	Auslaufen	20	6	14	0	0	0
	B/A	belastetes Gefühl						
26.1.	B/M	Schlaf normal						
	7	Einlaufen	10	10	0	0	0	0

	7	Laufschule	19	15	4	0	0	0
	7	Schrittsprünge	7	5	2	0	0	0
	7	Bergläufe	41	7	13	21	0	0
27.1.	8	Einlaufen	11	5	6	0	0	0
	8	OL-Wettkampf	47	1	3	20	23	0
	8	Auslaufen	21	13	8	0	0	0
	9	Laufen	43	3	39	1	0	0

Trainingswoche 3

Datum	EH / Bef	Trainingsinhalt-Trainingsmittel	Trainings-dauer (min)	Trainingsbereiche				
				A0 (min)	A1 (min)	A2 (min)	A3 (min)	A4 (min)
29.1.	1	Einlaufen	25	20	5	0	0	0
	1	OL-Training	80	14	43	23	0	0
	B/A	schlaf nicht optimal, müde den ganzen Tag						
30.1.	B/M	Schlaf sehr gut, belastete Muskeln						
	2	Laufschule	36	30	5	1	0	0
	2	Laufen	39	2	36	1	0	0
	3	Einlaufen	14	11	3	0	0	0
	3	OL-Training	53	21	9	15	8	0
	B/A	Nachmittag gutes Gefühl						
31.1.	B/M	Schlaf sehr gut						
	4	Laufen	60	49	11	0	0	0
	5	OL-Training	77	27	39	11	0	0
	B/A	Nachmittag wenig Tempo						
1.2	B/M	Schlaf schlecht						
	6	Einlaufen	10	10	0	0	0	0
	6	OL-Training	23	2	2	12	7	0
	6	Auslaufen	17	11	6	0	0	0
	7	Laufen	45	45	0	0	0	0
	7	Kräftigung	30	0	0	18	12	0
	B/A	Puls niedrig, kein Tempo						
2.2.	B/M	Schlaf gut, sehr gutes Gefühl,						
	8	Einlaufen	9	9	0	0	0	0
	8	OL-Training	33	13	1	5	10	4

	8	Auslaufen	15	6	9	0	0	0
	B/A	Tempo wieder vorhanden						
3.2.	10	Einlaufen	4	4	0	0	0	0
	10	OL-Wettkampf	21	0	1	6	14	0
	9	Straßenrad	65	29	35	1	0	0

6.5.4.2 Herzfrequenz bei den Messungen

Obwohl die Herzfrequenz bei den Messungen nicht exakt der Ruheherzfrequenz entspricht, sind sie hier zur Beurteilung des Aktivierungszustands des Probanden bei den Messungen angegeben. Die Werte bei den Morgenmessungen bewegen sich zwischen 47 und 67 Schlägen pro Minute (bpm) und durch die große Streuung von zwanzig Schlägen sind Ruhebedingungen nicht immer deutlich zu definieren, wie in Abbildung 41 zu abzulesen ist.

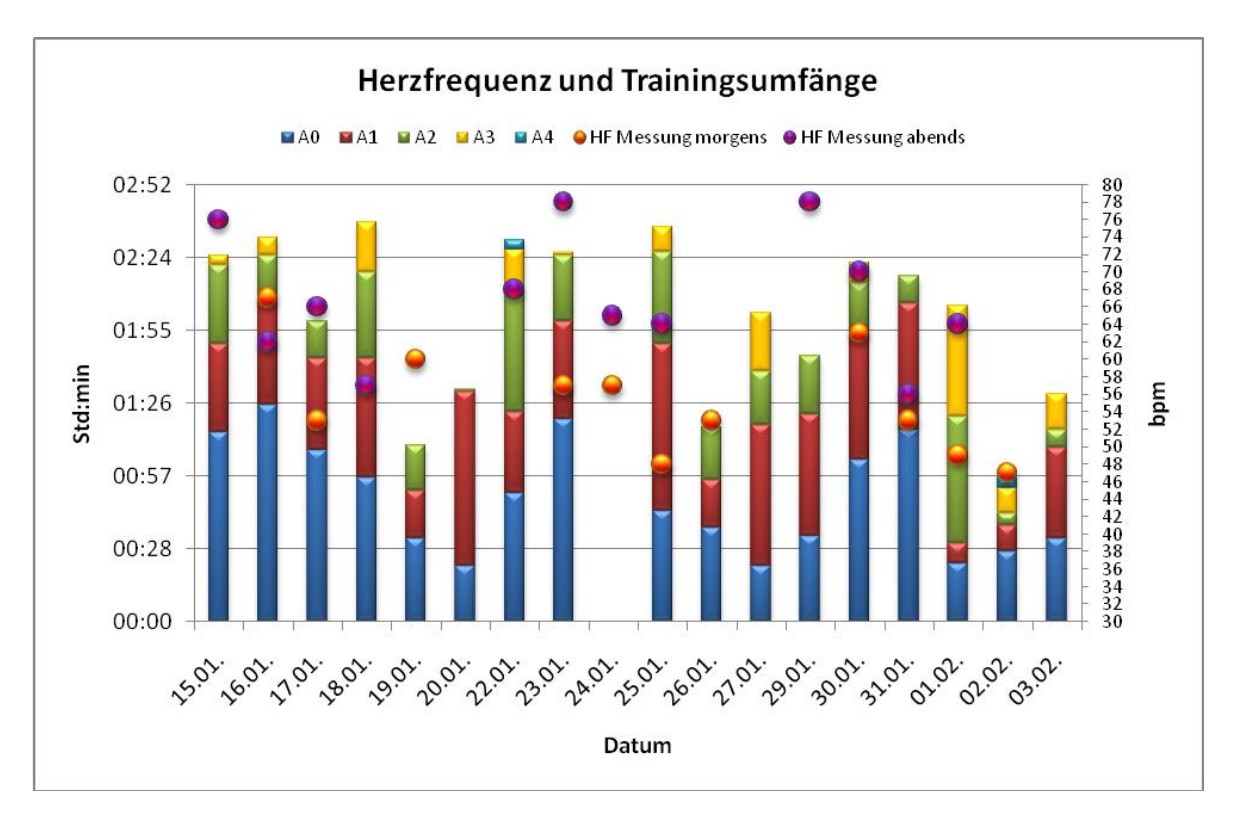


Abb. 41: Herzfrequenzwerte bei den OmegaWave-Messungen und Trainingsumfänge von Proband#4

Bei den Abendmessungen sind eindeutig höhere Herzfrequenzen zu beobachten (56 bis 78 bpm), was sowohl auf die Nachwirkungen der Trainingsbelastungen als auch auf die psycho-emotionalen Anforderungen des Tages zurückgeführt werden kann.

6.5.4.3 Rel. VO_2max Index

Der Rel. VO_2max Index stagniert, sowohl bei den Morgen- als auch den Abendmessungen, auf dem Wert 73 und erhöht sich nur bei zwei Abendmessungen auf 74, wie in Abbildung 42 zu erkennen ist. Aufgrund der über diesen Zeitraum nicht zu erwartenden Veränderung dieses Wertes wird die Diskussion über diesen Wert hier nicht weiter fortgesetzt.

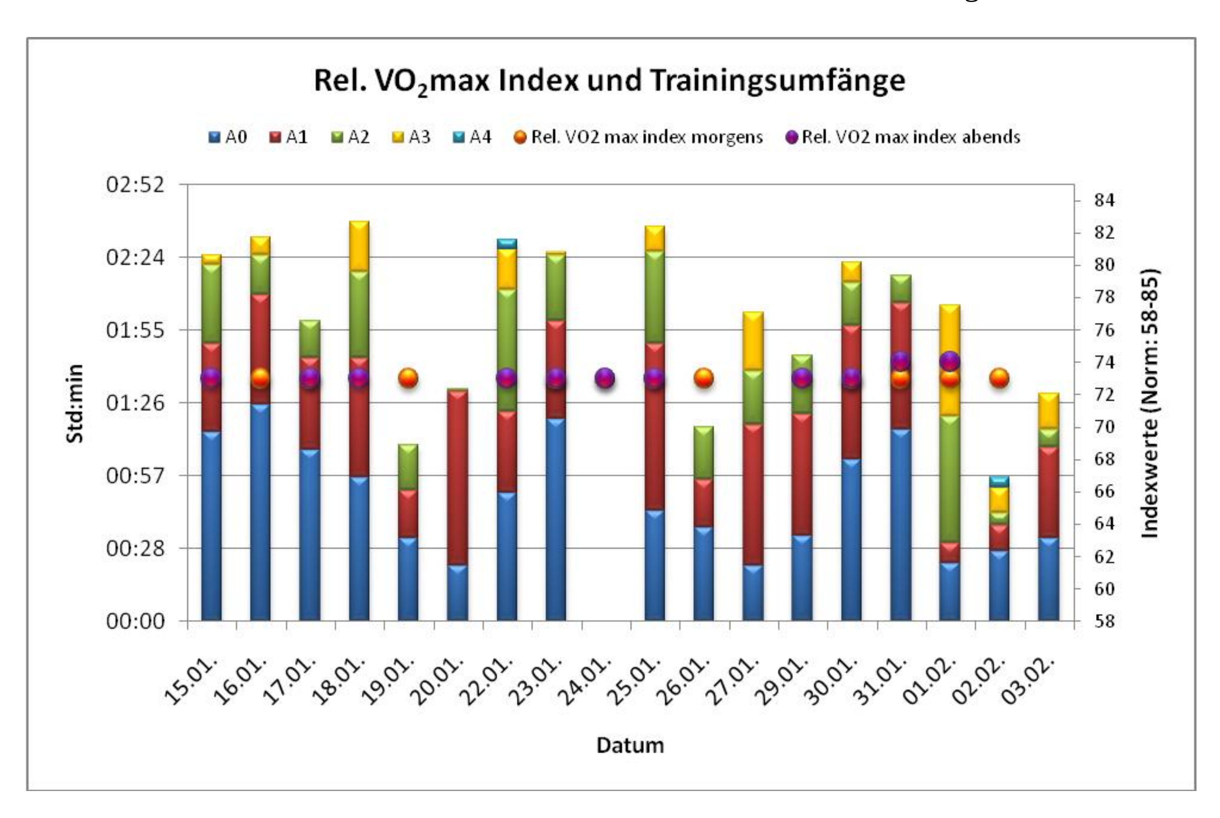


Abb. 42: Rel. VO_2max Index und Trainingsumfänge im Verlauf der Trainingstage von Proband#4

6.5.4.4 Aerobic Status Index

Der Aerobic Status Index liegt bei Proband#4 zwischen 118 und 126 und liegt damit im unteren Drittel der Normwerte. Auffallend im Vergleich der Morgen- zu den Abendwerten ist die Tatsache, dass die Werte am Abend tendenziell höher sind als die Morgenwerte. Dies ist nur bei Proband#4 zu beobachten. Im Verlauf der drei Wochen steigen die Aerobic Status Indexwerte beider Messzeiten leicht an. Die Morgenwerte steigen ab dem 18.01. durchgehend bei jeder Testung bis zum 31.01. auf 126 an, fallen dann einmal kurz auf 124

ab und erreichen am letzten Testtag mit 125 Indexpunkten den zweithöchsten Wert der gesamten drei Wochen.

In der Nacht fallen die Werte zwischen den Tagen 18./19.01., 22./23./24.01., 29./30.01. sowie 31.01 und 01.02. um zwei bis fünf Indexpunkte ab. Bis auf den 29.01., wo nur eine, dafür aber längere, Trainingseinheit am Nachmittag (1:45 Stunden, davon 23 Minuten im A2-Bereich) stattgefunden hat, waren die Tage vor dem nächtlichen Abfall doch recht umfangreich (2:22 Stunden bis 2:38 Stunden) und mit deutlichen A2- (17 bis 48 Minuten) und A3-Anteilen (8 bis 20 Minuten).

Der Anstieg der Aerobic Status Indexwerte und somit eine Erhöhung der aeroben Funktionskapazität ist untertags an den Tagen 17./23./24.01. und 01.02. festzustellen. Am 17.01. wurde nach einer kombiniertnr Skilanglauf/Laufeinheit von 90 Minuten (davon 15 Minuten im A2-Bereich) am Vormittag, eine regenerative Einheit am Fahrradergometer von 30 Minuten im A0-Bereich am Nachmittag durchgeführt. Am 23.01 stand nach einer 73-minütigen Skilanglaufeinheit (mit 26 Minuten im A2-Bereich), eine Laufeinheit mit Lauftechnikelementen, dominant im A0-Bereich, am Nachmittag am Programm. Der 14.01. war trainingsfrei, da sich Proband#4 schwer belastet und krank gefühlt hat. Am 01.02. wurde eine 50-minütige OL-Technikeinheit mit A2- (12 Minuten) und A3-Intensitäten (7 Minuten) gelaufen und am Nachmittag ein 45-minütiger regenerativer Lauf mit anschließenden Kräftigungs- und Rumpfstabilisierungsübungen. Eine Verringerung der Aerobic Status Indexwerte und somit auch des aeroben Funktionsstatus fand an keinem der gemessenen Tage statt, wie in Abbildung 43 zu erkennen ist.

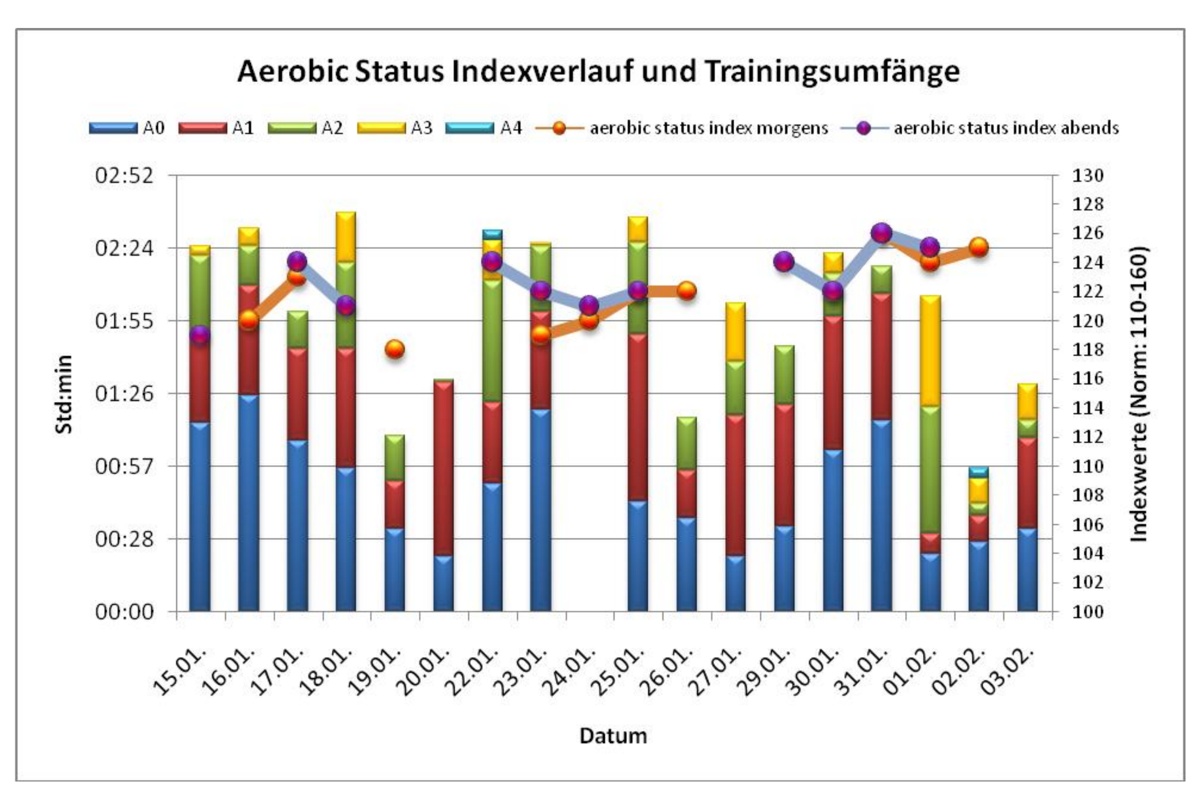


Abb. 43: Aerobic Status Index und Trainingsumfänge im Verlauf der Trainingstage von Proband#4

6.5.4.5 Anaerobic Status Index

Die Werte des Anaerobic Status Index liegen bei Proband#4 zwischen 118 und 152 und im Vergleich zu den anderen Probanden deutlich weiter gestreut. Die meisten Messwerte liegen unterhalb der Normgrenze von 132 und zwar gleichermaßen über Morgen- und Abendwerte verteilt. Sowohl der niedrigste als auch der höchste Indexwert sind am Morgen ermittelt worden. Bis auf die erste Morgenmessung in der dritten Trainingswoche am 30.01. mit einem Werte von 152 sind die anderen Anaerobic Status Indexwerte in einem Bereich zwischen 118 und 135 über die drei Wochen annähernd gleich verteilt. Der Indexsprung von 135 auf 152 in der Nacht von 29. auf 30.01. kann als durchaus überraschend bezeichnet werden, da 18 Indexpunkte bei den vorhergehenden nächtlichen Veränderungen des Anaerobic Status Index auch bei den anderen Probanden nicht vorkommen. Es herrschen im Verlauf der drei Wochen bei Proband#4 die nächtlichen Abfälle des Anaerobic Status Indexwerte im Vergleich zu den Anstiegen deutlich vor (Verhältnis 7:3). Bei der Betrachtung der einzelnen Wochenverläufe ist auffallend, dass in der zweiten Woche die Werte bei beiden Messzeitpunkten leicht und in der dritten Woche deutlich abnehmen, wobei die Morgenmessungen dabei eindeutig stärker ausfallen. Der

Abfall des Morgenwertes vom 30. zum 31.01. ist dabei sehr prägnant. Er fällt innerhalb eines Tages gleich um 28 Indexpunkte von 152 unter die Normgrenze auf 124. Innerhalb der nächsten beiden Tage fällt der Wert dann weiter bis auf 118 ab. Laut OmegaWave wäre dies ein eindeutiges Zeichen einer Verringerung des anaeroben Funktionsstatus und damit der Anpassungskapazität des Organismus auf anaerobe Belastungen. Der deutliche Abfall des Morgenwertes am 24.01. und die Erhöhung des Abendwertes an diesem Ruhetag könnten die Erholungsqualität eines trainingsfreien Tages widerspiegeln. Die Grafik in Abbildung 44 zeigt nochmals den Verlauf des Anaerobic Status Index bei Proband#4.

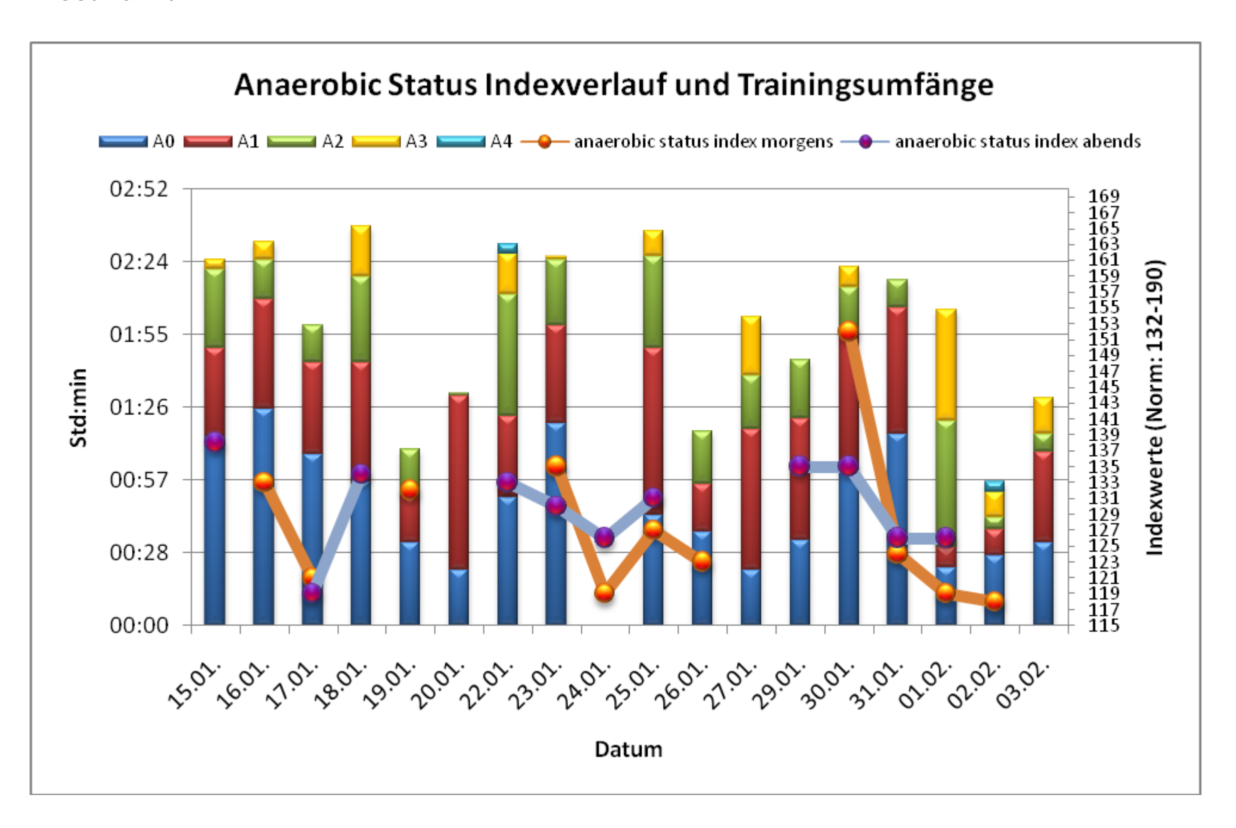


Abb. 44: Anaerobic Status Index und Trainingsumfänge im Verlauf der Trainingstage von Proband#4

6.5.4.6 Alactic Status Index

Die Werte des Alactic Status Index sind bei Proband#4 an der Untergrenze der Normwerte verteilt und rangieren großteils zwischen 10 und 14 Indexpunkten. Einmal im Verlauf der drei Testwochen bricht ein Messwert nach oben aus. Bei der Morgenmessung des 30.01. beträgt der Alactic Status Index 18. Der Wert steigt dabei im Vergleich zum Abendwert des Vortages um vier Indexpunkte an und zeigt dadurch eine deutliche Erhöhung des

alaktaziden Funktionsstatus laut OmegaWave an. Dabei weist der Indexverlauf eine ähnliche Charakteristik wie der des Anaerobic Status Index im selben Zeitraum auf. Der Trainingsinhalt des 29.01. wurde in den vorigen Kapiteln schon des Öfteren erläutert und ist mit nur einer Trainingseinheit, aufgrund der Anreise zum Trainingskurs, eher eine Ausnahme während der drei Trainingswochen. Ähnlich dem Anaerobic Status Index sind auch beim Alactic Status Index die Morgenwerte tendenziell niedriger als die Abendwerte, wobei die Erhöhung des Indexwertes untertags viemal (24./25./31.01. und 01.02.) und das nächtliche Abfallen gleich sechsmal (15./16.01., 23./24.01., 25./26.01. und 30.01. bis 02.02.) zu erkennen ist. Der trainingsfreie Tag (24.01.) ist mit einer Erhöhung des Wertes während des Tages um zwei Indexpunkte charakterisiert.

Dreimal bleibt der Abendwert bis zum nächsten Morgen gleich und einmal steigt der Alactic Status Index über Nacht an (vom 29. zum 30.01.), was laut OmegaWave als eine Erhöhung des alaktaziden Funktionsstaus zu deuten ist.

In den ersten beiden Testwochen streuen die Indexwerte im Bereich der Normuntergrenze und in der dritten Trainingswoche ist ein Absinken des Alactic Status Index an beiden Messzeitpunkten deutlich zu erkennen und befindet sich ab dem 31.01. nur mehr unter der Normgrenze, wie in Abbildung 45 zu erkennen ist.

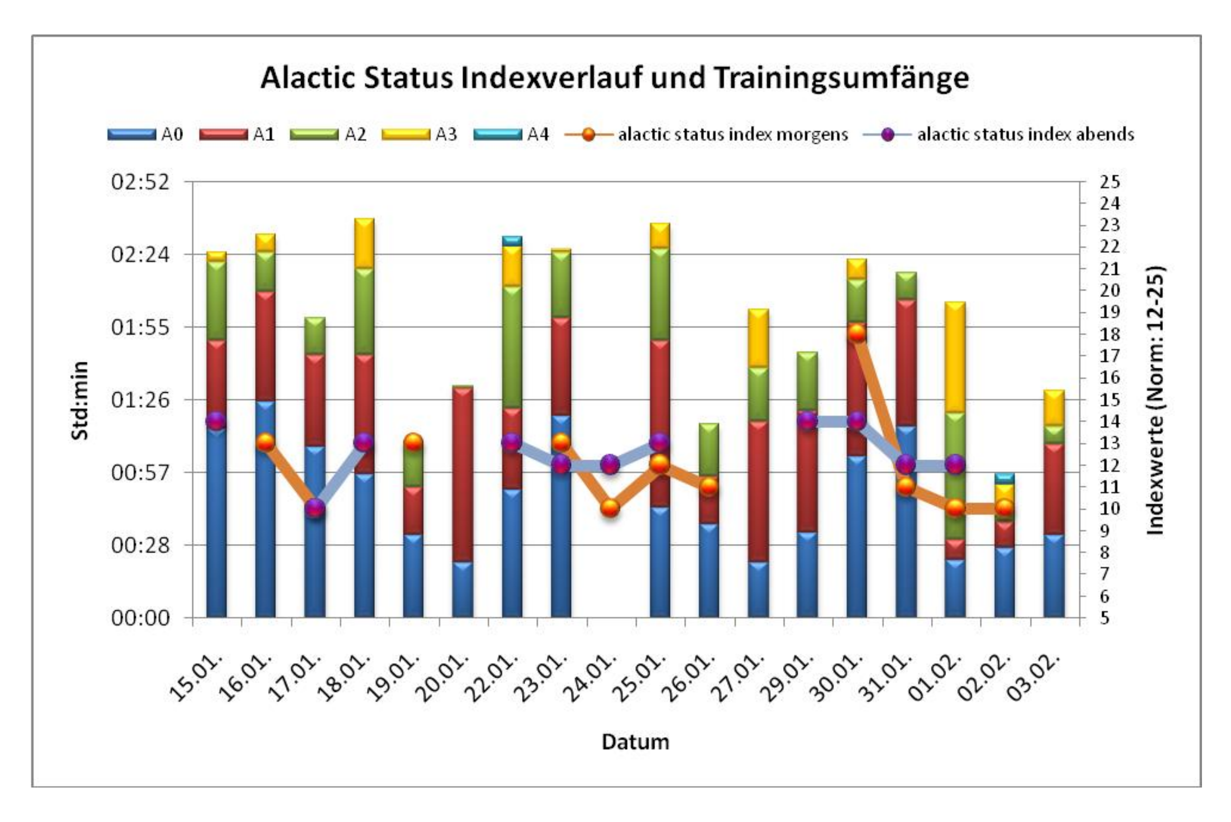


Abb. 45: Alactic Status Index und Trainingsumfänge im Verlauf der Trainingstage von Proband#4

6.5.4.7 System's Adaptation Index

Die Werte des System's Adaptation Index rangieren von 199 bis 219 und befinden sich damit im unteren Drittel der Normwerte. Auffallend ist beim System's Adaptation Index, dass der niedrigste und höchste Wert, wie beim Anaerobic Status Index, jeweils bei einer Morgenmessung erreicht wurde. Weiter ist der Verlauf über die drei Wochen fast ident mit dem des Alactic Status Index, wobei der niedrigste Morgenwert am 24.01. und der höchste Morgenwert am 30.01. den beiden Indizes den charakteristischen Verlauf geben. Im Gegensatz zum Alactic Status Index bleibt der System's Adaptation Index über die drei Wochen eher auf gleichem Niveau. Daher sind seine Verläufe eher tagesspezifisch zu erörtern. Das Verhältnis von nächtlicher Indexerhöhungen zu reduzierten Indexwerten über Nacht beträgt 2:8 und es kann daher eindeutig von einer überwiegenden Verringerung der Anpassungskapazität der biologischen Systeme an Belastung während der Nacht gesprochen werden, wenn man den Aussagen von OmegaWave Technology® folgt. Eine Erhöhung dieser Kapazität über Nacht ist vom 24. zum 25.01., die Nacht nach dem Ruhetag, und vom 29. zum 30.01., der Nacht nach der Trainingskursanreise, mit nur einer Trainingseinheit am Nachmittag zu erkennen. Die höchsten Abendwerte (dreimal 209) sind jeweils am ersten Trainingstag (Montag) der einzelnen Trainingswoche zu finden, wobei der Tag davor immer ein Ruhetag war.

Ebenso wie beim Alactic Status Index ist der Verlauf des System's Adaptation Index der dritten Trainingswoche als fallend und die beiden Wochen davor als auf gleichem Niveau bleibend zu beschreiben. Diese Charakteristik lässt sich in Abbildung 46 deutlich erkennen.

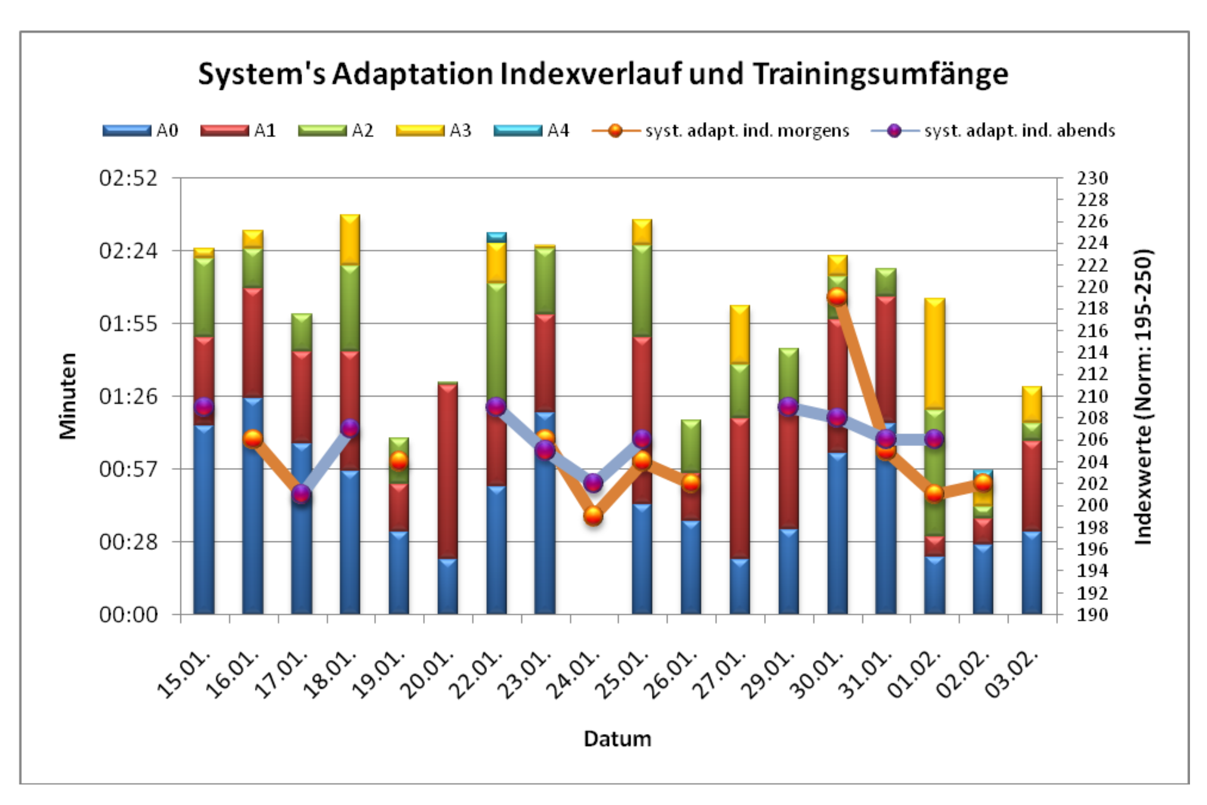


Abb. 46: System's Adaptation Index und Trainingsumfänge im Verlauf der Trainingstage von Proband#4

6.5.4.8 Heartrate at Anaerobic Threshold

Die von OmegaWave Sport 2.0 Software berechneten Herzfrequenzen an der anaeroben Schwelle zeigen in ihrem Verlauf keine besonderen Merkmale auf und können aufgrund der geringen Streuung von einem Schlag (174 auf 175 bpm) während des gesamten Testzeitraums als wenig verändert bezeichnet werden (siehe Abbildung 47).

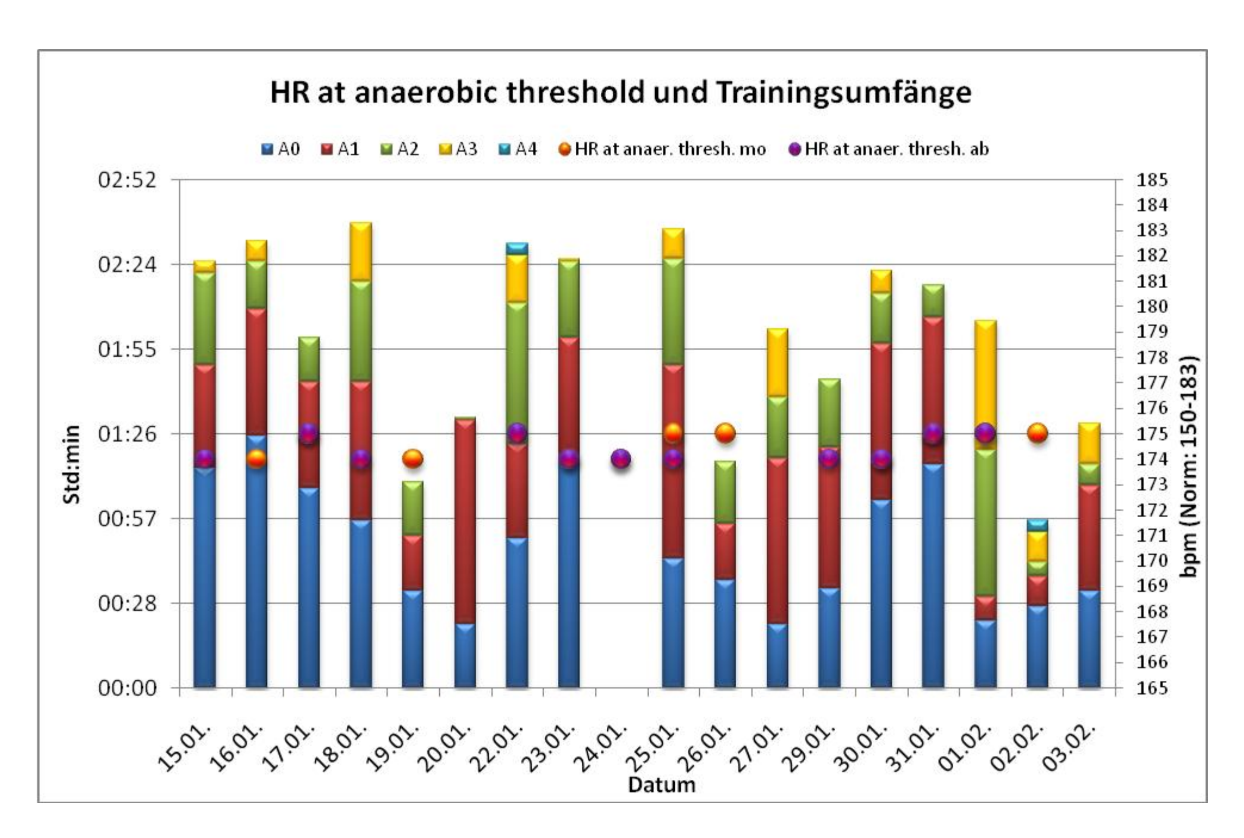


Abb. 47: Herzfrequenz an der anaeroben Schwelle und Trainingsumfänge im Verlauf der Trainingstage von Proband#4

6.5.4.9 Zusammenfassung und Interpretation

Die Herzfrequenzwerte bei den Messungen von Proband#4 sind mit 47 bis 78 Schlägen pro Minute recht breit gestreut und es kann aufgrund der hohen abendlichen Herzfrequenzwerte nicht eindeutig auf optimale Ruhebedingen geschlossen werden. Es wurde bei den Messungen allerdings immer auf optimale Rahmenbedingungen geachtet und daher werden die Herzfrequenzwerte als individuelle psychophysische Reaktionsmuster des Probanden verstanden und es wird daher von ruhigen Testbedingungen ausgegangen.

Die Rel. VO_2max Indexwerte bleiben bei den Morgen- und Abendmessungen nahezu gleich und werden aufgrund der nicht zu erwarteten kurzfristigen Veränderung innerhalb der drei Wochen nicht weiter in ihrem Verlauf analysiert. Auffallend ist jedoch, dass die Rel. VO_2max Indexwerte mit 73 bzw. 74 die höchsten im gesamten Untersuchungskollektiv sind. Wie schon erwähnt, ist Proband#4 jedoch der jüngste Athlet und von seiner physischen Leistungsfähigkeit, im speziellen der Ausdauerleistung, deutlich hinter der von den anderen Trainingskollegen einzustufen. Wie sich daraus der höchste

System’s Adaptation Index, laut OmegaWave als Ausdruck der Leistung des aeroben Energiebereitstellungssystems zu verstehen, ergibt, bleibt ungeklärt.

Bei den Verläufen der metabolischen Indizes des OmegaWave Technology® Systems ist bei Proband#4 auffallend, dass der Aerobic Status Index und der System’s Adaptation Index auf gleichem Niveau bleiben und nie unter die Normgrenze fallen, währenddessen der Anaerobic Status und Alactic Status Index die Tendenz zum Abfallen, vor allem in der dritten Testwoche, aufweisen und ein Großteil der Messwerte deutlich unter der Normgrenze zu finden ist, wie es auch schon bei Proband#3 festgestellt wurde. Die deutlich höheren Intensitäten bei den Trainingseinheiten sowie die wenig gefestigte Skilanglauftechnik könnten durchaus Erklärungsansätze für die deutliche Auslenkung der Indizes des anaeroben Stoffwechsels liefern.

Für alle vier Indizes ist typisch, dass ein Großteil der Morgenwerte niedriger als die der Abendwerte desselben Tages ist, was wiederum bedeutet, dass sich der Funktionsstatus der metabolischen Systeme untertags trotz Trainingsbelastungen erhöht. Ebenfalls eindeutig ersichtlich und als Pendant zur täglichen Erhöhung der Indizes, ist die Dominanz des nächtlichen Indexwertabfalls gegenüber den Anstiegen, was laut OmegaWave als eine weitere Verringerung der Funktionskapazität der energetischen Systeme zu verstehen ist. Diese Verlaufscharakteristik kann abermals nur als Verzögerung der Indexwertreaktionen gedeutet werden, da ansonsten Schlussfolgerungen, im physiologischen Verständnis von Beanspruchung durch Belastung, der durch Trainingsbelastungen provozierten Auslenkungen energetischer Systeme nicht zutreffend sind.

Interessant zu beobachten ist bei allen Indizes die Erhöhung der Indexwerte untertags am 24.01., der Tag, an dem aus subjektiv krank fühlendem Befinden pausiert wurde. Die Erhöhung des Funktionsstatus aller beschriebenen Systeme kann hier nachvollzogen werden, wenn keine Trainingsbelastung untertags gesetzt wurde. Auch am 01.02. sind alle vier Morgenwerte niedriger als die Abendwerte. An diesem Tag wurde eine umfangreduzierte OL-Einheit (47 Minuten, davon 12 Minuten in A2 und 7 Minuten in A3) und ein regenerativer Lauf in A0 mit anschließendem Kräftigungsprogramm absolviert. Obwohl die Kräftigungseinheiten in A2 und A3 protokolliert werden, dürften diese Intensitäten auf die metabolischen Parameter keinen allzu großen Einfluss haben, wie es sich bei den anderen Athleten ebenfalls gezeigt hat. Die Morgenwerte des Anaerobic Status Index, Alactic Status Index und System’s Adaptation Index am trainingsfreien Tages haben den niedrigsten Wert der drei Wochen und würden im Nachhinein betrachtet

den trainingsfreien Tag durchaus widerspiegeln, zumal die Indexwerte nach diesem Tag wieder deutlich ansteigen.

Der deutliche morgendliche Ausschlag der Werte des Anaerobic Status, Alactic Status und System's Adaptation Index nach oben ist auch am 30.01. gleich. Wie schon erwähnt wurde am Vortag aufgrund der Anreise nur einmal trainiert. Eine OL-Einheit von 1:45 Stunden mit 23 Minuten im A2-Bereich stand am Programm. Da am Sonntag zuvor ein Ruhetag eingelegt wurde, kann der stark erhöhte Indexausschlag am Dienstagmorgen bei den drei oben genannten Indizes wieder als verzögerte Reaktion auf den trainingsfreien Tag interpretiert werden.

Interessant zu beobachten sind die subjektiven Befindensäußerungen an den Abenden, an denen über Nacht der Indexwert weiter absinkt. Äußerungen wie „schwere Muskeln", „belastetes Gefühl den ganzen Tag", „Nachmittag wenig Tempo" oder „Puls niedrig, kein Tempo" werden festgehalten und könnten durchaus auf überforderte Funktionssysteme hindeuten, deren Beanspruchung entsprechend stärker nachschwingt.

Da sich die Verläufe der Indizes, außer dem Aerobic Status Index sowie die Äußerungen zum Befinden bis zum Ruhetag in der zweiten Woche und im Verlauf der gesamten dritten Woche sich eindeutig verschlechtern, dürfte sich Proband#4 dabei mit seinen Anpassungskapazitäten eher an den Grenzen bewegen, was aufgrund der Trainingsbelastungen durchaus vorstellbar ist. Er ist, wie eingangs bereits erwähnt, der chronologisch und von den Trainingsjahren her Jüngste und dokumentiert auch im Befindensprotokoll, dass gewisse Trainingsbelastungen deutliche Ermüdungserscheinungen provoziert haben.

Der Aerobic Status Index tanzt mit seiner Verlaufscharakteristik aus der Reihe und zeigt keine Ähnlichkeit mit den drei anderen Indizes. Die erkennbare Steigungstendenz des Index in der zweiten und dritten Testwoche könnte auf die Umfangsreduktion dieser beiden Wochen zurückzuführen sein und dürfte weniger auf Trainingsintensitäten anfällig sein. Die starke Dynamik des Alactic Status Index, die bis dato bei den Athleten durchaus ungewöhnlich ist, könnte mit den ungewohnten Trainingsformen, wie Kräftigungsgymnastik, Sprungschritte, etc. und Bewegungstechniken, im speziellen Skilanglauf, in Beziehung gesetzt werden, da koordinativ und technisch noch nicht gefestigte Bewegungsabläufe durchaus hohe muskuläre Spannungsspitzen hervorrufen können, die demnach auch anaerob-alaktaziden energetischen Bereichen zuzuordnen sind.

Der System’s Adaptation Index zeigt ebenfalls Spuren verringerter Anpassungskapazität während der zweiten und dritten Woche an und reagiert jedoch eindeutig auf den Ruhetag am 24.01. mit einer sprunghaften Erhöhung der Adaptationskapazität.

Da punktuelle Herzfrequenzempfehlungen ohnedies in der Sportpraxis kaum umzusetzen sind, können die Werte der Heartrate at anaerobic threshold von 174 und 175 als Schwellenherzfrequenzspanne angesehen werden. Interessant im Vergleich mit tatsächlich gemessenen Schwellenherzfrequenzen von Proband#4 ist dabei die Tatsache, dass die bei einer Laufbandergometrie im März 2007 gemessene Herzfrequenz an der 4mmol Schwelle von 181 Schlägen pro Minute deutlich über der von OmegaWave empfohlenen Herzfrequenz liegt.

Abschließend kann verkündet werden, dass bei Proband#4 doch einige Hinweise von Indexverläufen auf Trainingsbelastungen zu erkennen sind, die sich vor allem mit Äußerungen des subjektiven Befindens decken. Die Beanspruchungsgrenze einzelner Systeme dürfte bei Proband#4 des Öfteren erreicht worden sein, die durch deutlich abfallende Indexwerte auch ersichtlich wurden und die Reaktionen der Indizes nach gesetzten Trainingspausen bzw. regenerativen Einheiten sind ebenfalls den Erwartungen entsprechend. Der Aerobic Status Index dürfte eher umfangssensibel sein und langfristig eher träge auf Veränderungen ansprechen, wohin gegen der Anaerobic Status und Alactic Status Index sowie der System’s Adaptation Index eher kurzfristig auf Intensitätsveränderungen und gesamtorganismische Beanspruchungen reagieren. Genau auf einzelne Trainingsbelastungen bezogen, lassen sich die Indexwerte jedoch nicht immer den Erwartungen entsprechend interpretieren.

6.5.5 Proband#5

6.5.5.1 Trainingsaufzeichnungen

Proband#5 laboriert seit einigen Jahren an einer chronischen Beinhautreizung und absolviert einen Großteil des unspezifischen Ausdauertrainings auf dem MTB bzw. dem Fahrradergometer. Er absolvierte in der ersten Trainingswoche 12:15 Stunden, reduzierte nur gering auf 11:49 Stunden in der zweiten Trainingswoche und steigerte den Wochenumfang in der dritten Trainingswoche, beim spezifischen OL-Trainingskurs, mit

12:05 Wochenstunden nur sehr gering. Die Trainingsbereiche A0 und A1 blieben von der Stundenanzahl her über die drei Wochen annähernd gleich, was sich an den Anteilen des Gesamtwochenumfangs widerspiegelt (1.Woche 84,4%, 2.Woche 84,5% und 3.Woche 86,1%).

Der Trainingsbereich A2 wird vom Umfang her in der zweiten Testwoche deutlich reduziert und zwar von 84 (11,4% vom Wochenumfang) auf 56 Minuten (7,9%) und bleibt in der 3.Woche annähernd gleich (58 Minuten bzw. 8%).

Der Trainingsumfang im A3-Bereich erhöht sich von der ersten zur zweiten Woche von 31 auf 47 Minuten, sinkt in der dritten Woche auf 39 Minuten ab und bleibt im Verhältnis zum jeweiligen Wochenumfang zwischen 4,2 und 6,6%. Wie in Abbildung 48 ersichtlich sind die Trainingsumfänge im A4-Bereich sehr gering. In der dritten Woche sind sieben Minuten und in der dritten Woche vier Minuten protokolliert. Dies liegt wie eingangs bereits erwähnt an den Beinhautproblemen von Proband#5, der bei zu hohen Laufumfängen über Beschwerden klagt und daher vor allem in der dritten Trainingswoche einige Trainingseinheiten auf dem MTB absolviert hat.

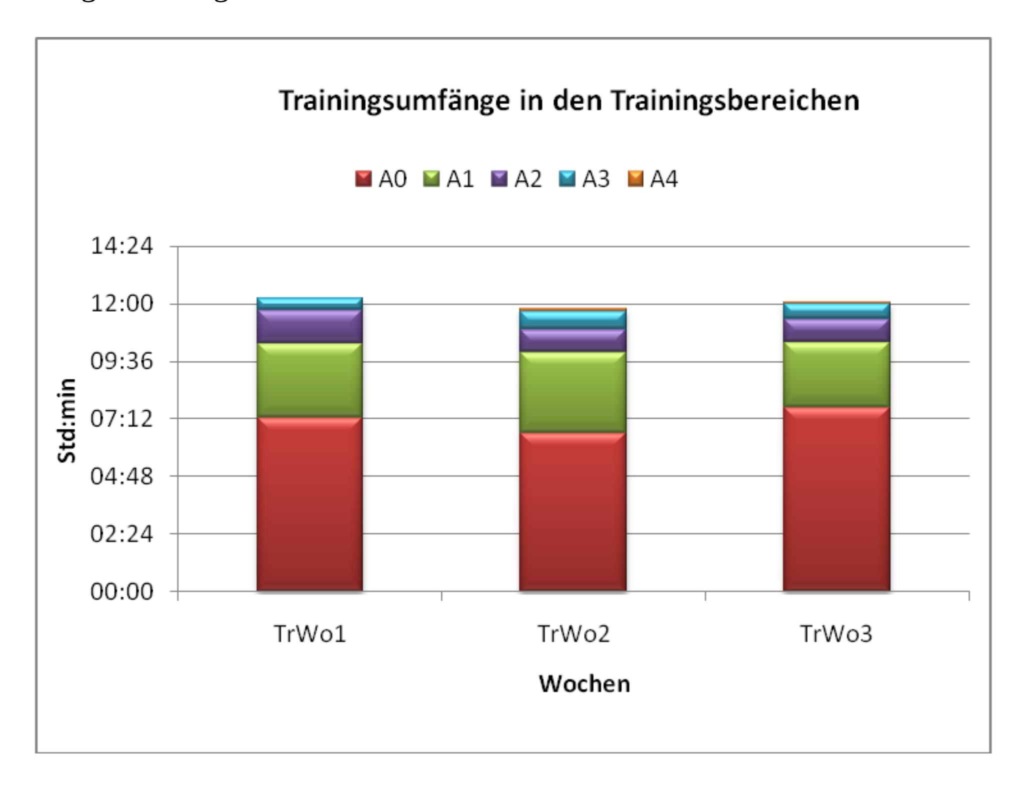


Abb. 48: Grafische Darstellung der Trainingsumfänge pro Woche von Proband#5

In den ersten beiden Wochen wurden aufgrund des Skilanglaufkurses einige Einheiten am Langlaufski absolviert, wobei diese Einheiten großteils in den dominant aeroben

Trainingsbereichen A0 und A1 durchgeführt wurden. An jeweils einem Tag der Woche ergänzte Proband#5 das Skilanglauftraining durch ein spezielles Kraftausdauertraining der oberen Extremitäten durch Doppelstockschübe über 30 Minuten. Das MTB und der Fahrradergometer wurden für sehr lange aerobe Trainingseinheiten (bis zu drei Stunden) und stabilisierende aerobe Einheiten sowie zur aktiven Regeneration eingesetzt. Am Montag der ersten Woche wurde ein Lauftest im kupierten Gelände zur Überprüfung der Trainingsintensitäten absolviert. Bei dieser Intensitätskontrolle wurden 2000m Strecken in den Trainingsbereichen A0 bis A3 gelaufen. In der ersten Woche wurde auch ein Berglauf im A2-Bereich absolviert. Rumpfstabilisations- und Kräftigungsübungen kamen in jeder der drei Wochen zum Einsatz.

In der zweiten Woche wurde am Montagnachmittag eine Laktat-Leistungsdiagnostik am Fahrradergometer absolviert, von der auch die 7 Minuten im A4-Bereich in der zweiten Woche resultieren. Am Wochenende stand in dieser Woche auch ein OL-Wettkampf am Programm, der Intensitäten von A2 (18 Minuten) und A3 (10 Minuten) beinhaltete.

In der dritten Woche wurden, wie bereits erwähnt, spezifische technische OL-Trainings absolviert, die in den höheren Intensitäten A2 und A3 und zu einem geringen Anteil in A4 durchgeführt wurden. Ergänzend wurde das MTB zu aeroben Stabilisations- und Regenerationseinheiten eingesetzt. Das subjektive Befinden wurde durch Äußerungen wie „ok“ und „gut“ bis hin zu „müde“ protokolliert, wobei die letztgenannte Äußerung bei einigen Abendmessungen bekundet wurde.

Die täglichen Trainingsinhalte, Umfänge (in Minuten) und Intensitäten (Trainingsbereiche) pro Trainingseinheit sowie schriftliche Kommentare zum subjektiven Befinden zum Zeitpunkt der OmegaWave-Messungen sind in Tabelle 13 aufgelistet.

Tabelle 13: Trainingsaufzeichnungen von Proband#5

Trainingswoche 1								
Datum	EH / Bef	Trainingsinhalt- Trainingsmittel	Trainings- dauer (min)	Trainingsbereiche				
				A0 (min)	A1 (min)	A2 (min)	A3 (min)	A4 (min)
15.1.	1	Laufen	47	29	12	6	0	0
	2	SLL-Skating	60	58	2	0	0	0
	B/A	gut						
16.1	B/M	gut						
	3	MTB	183	108	75	0	0	0

	4	Kräftigung	20	20	0	0	0	0
	B/A	müde						
17.1.	B/M	ok						
	5	Laufen	51	7	41	3	0	0
	6	SLL-Skating	31	31	0	0	0	0
	6	SLL-Doppelstock	30	0	0	15	15	0
	B/A	ok						
18.1.	B/M	gut						
	7	SLL-Skating	73	23	41	9	0	0
	8	Kräftigung	20	20	0	0	0	0
	B/A	gut						
19.1.	B/M	gut						
	9	Bergläufe	70	19	15	36	0	0
	10	Fahrradergometer	21	21	0	0	0	0
	10	Krafttraining Rad	30	0	0	15	15	0
	10	Fahrradergometer	22	22	0	0	0	0
20.1.	11	Fahrradergometer	77	76	0	0	1	0

Trainingswoche 2

Datum	EH / Bef	Trainingsinhalt-Trainingsmittel	Trainings-dauer (min)	Trainingsbereiche				
				A0 (min)	A1 (min)	A2 (min)	A3 (min)	A4 (min)
22.1.	1	Laufen	23	7	16	0	0	0
	2	Fahrradergometrie	60	29	11	6	7	7
	B/A	gut						
23.1.	B/M	gut						
	3	SLL-Klassisch	33	33	0	0	0	0
	3	SLL-Doppelstock	30	0	0	15	15	0
	B/A	ok						
24.1.	B/M	ok						
	4	SLL-Klassisch	89	68	21	0	0	0
	4	SLL-Skating	60	20	40	0	0	0
	B/A	müde						
25.1.	B/M	ok						
	5	Laufen	51	50	1	0	0	0
	5	Kräftigung	20	20	0	0	0	0

	6	SLL-Skating	91	24	66	1	0	0
	B/A	müde						
26.1.	B/M	ok						
	7	SLL-Skating	60	55	5	0	0	0
	7	Fahrradergometer	21	19	2	0	0	0
		Kräftigung	30	0	0	15	15	0
	8	Fahrradergometer	21	21	0	0	0	0
27.1.	9	OL-Wettkampf	71	35	8	18	10	0
28.1.	9	Laufen	49	17	31	1	0	0

Trainingswoche 3

Datum	EH / Bef	Trainingsinhalt-Trainingsmittel	Trainings-dauer (min)	Trainingsbereiche A0 (min)	A1 (min)	A2 (min)	A3 (min)	A4 (min)
29.1.	1	OL-Training	71	71	0	0	0	0
	B/A	gut						
30.1.	B/M	gut						
	2	MTB	110	69	41	0	0	0
	3	OL-Training	64	36	4	15	7	2
	B/A	müde						
31.1.	B/M	ok						
	4	MTB	83	83	0	0	0	0
	5	OL-Training	64	36	16	5	7	0
	B/A	müde						
1.2.	B/M	ok						
	6	OL-Training	71	41	6	12	12	0
	7	Kräftigung	20	20	0	0	0	0
	B/A	müde						
2.2.	B/M	ok						
	8	Einlaufen	8	8	0	0	0	0
	8	OL-Training	36	13	2	6	13	2
	8	Auslaufen	20	17	3	0	0	0
3.2.	9	MTB	178	68	90	20	0	0

6.5.5.2 Herzfrequenz bei den Messungen

Obwohl die Herzfrequenz bei den Messungen nicht exakt der Ruheherzfrequenz entspricht, sind sie hier zur Beurteilung des Aktivierungszustands des Probanden bei den Messungen angegeben. Die Werte bei den Morgenmessungen bewegen sich zwischen 49 und 57 Schlägen pro Minute (bpm) und werden daher als Ruhebedingungen eingestuft (siehe Abbildung 49).

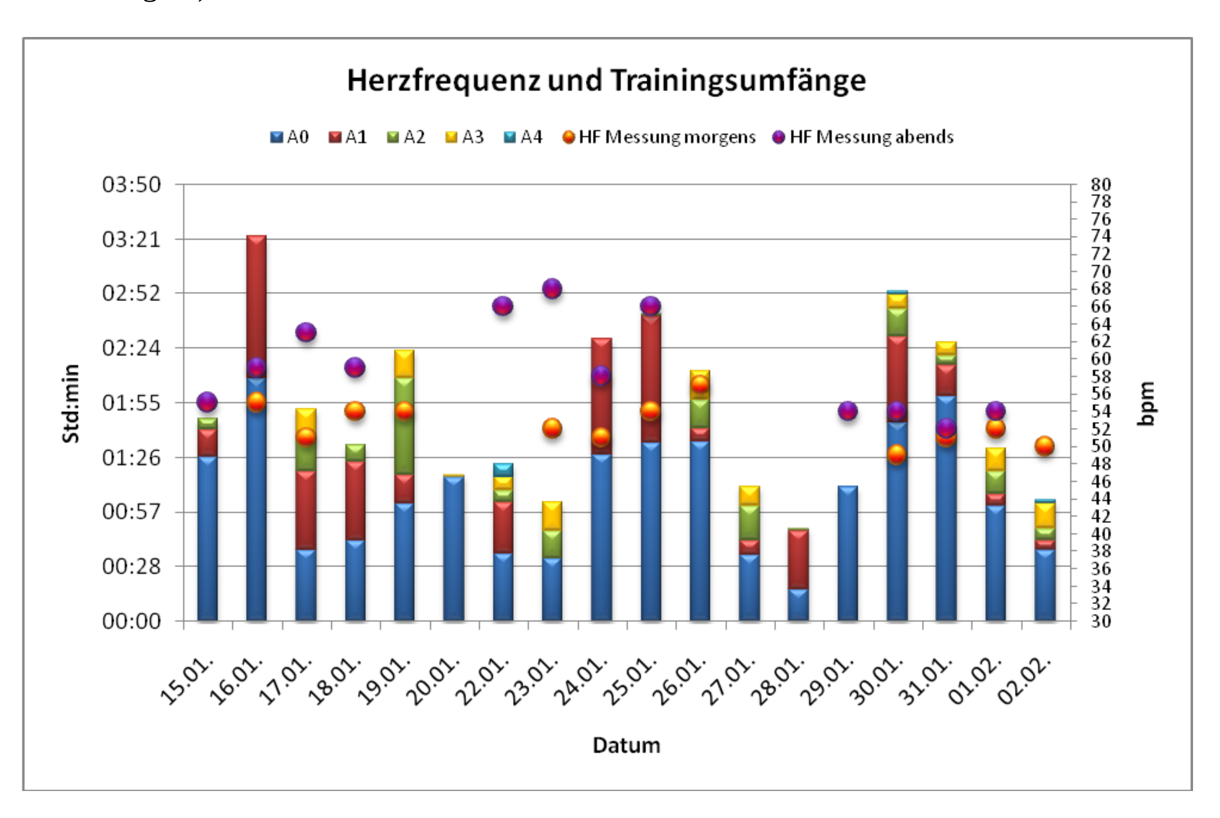


Abb. 49: Herzfrequenzwerte bei den OmegaWave-Messungen und Trainingsumfänge von Proband#5

Bei den Abendmessungen sind doch deutlich höhere Herzfrequenzen zu beobachten (52 bis 68 bpm), was sowohl auf die Nachwirkungen der Trainingsbelastungen als auch auf die psycho-emotionalen Anforderungen des Tages zurückgeführt werden kann. Dennoch werden auch die Abendmessungen als Ruhebedingungen eingestuft.

6.5.5.3 Rel. VO_2max Index

Der Rel. VO_2max Index bleibt sowohl bei den Morgen- als auch den Abendmessungen annähernd gleich und wechselt zwischen den Werten 69 und 71, wie in Abbildung 50

abzulesen ist. Aufgrund der über diesen Zeitraum nicht zu erwartenden Veränderung dieses Wertes wird die Diskussion über diesen Wert hier nicht weiter fortgesetzt.

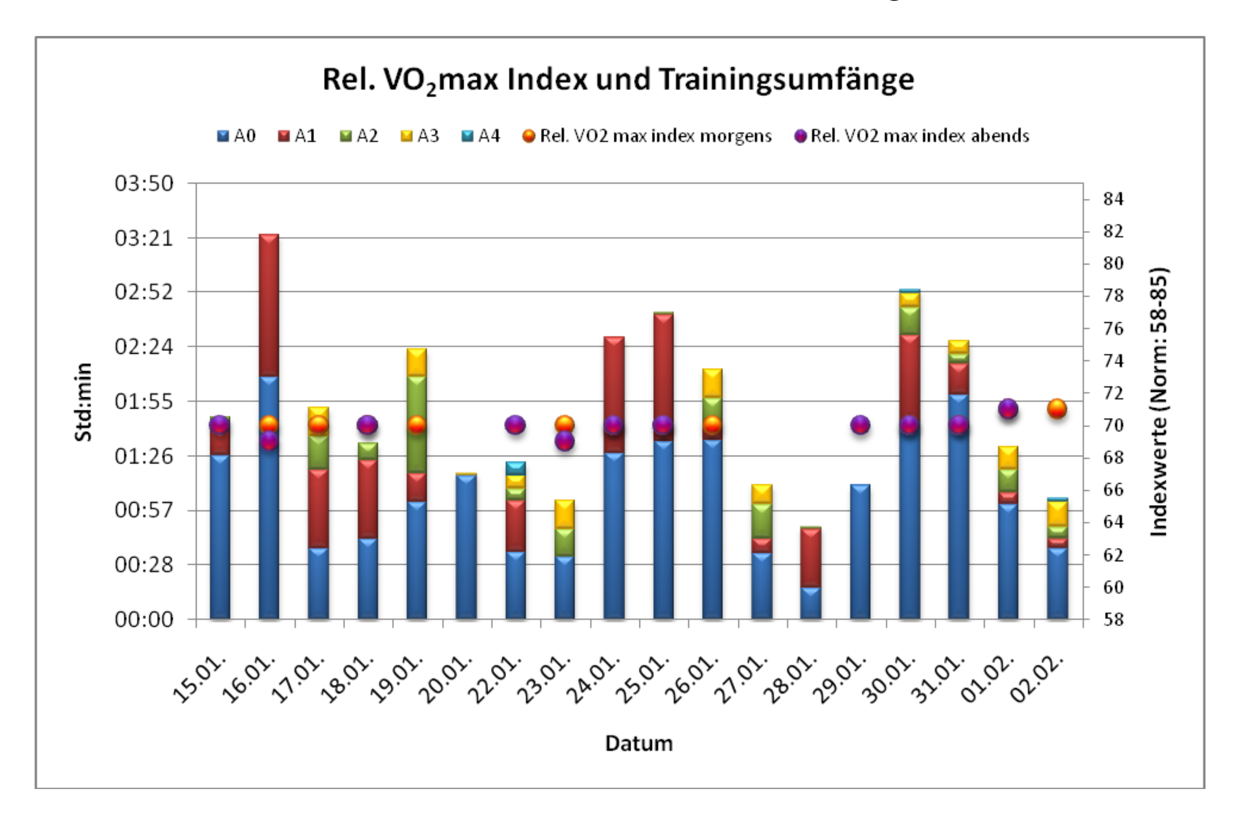


Abb. 50: Rel. VO_2max Index und Trainingsumfänge im Verlauf der Trainingstage von Proband#5

6.5.5.4 Aerobic Status Index

Der Aerobic Status Index liegt bei Proband#5 zwischen 111 und 119. Die Werte am Morgen fallen nie unter 115 und sind im Durchschnitt höher als die am Abend. Am 23.01 am Abend fällt der Aerobic Status Index auf 111 ab und liegt dabei über der Untergrenze der Normwerte von 110. Dieser Tag war interessanterweise mit 63 Minuten der umfangsschwächste Tag von allen Messtagen und beinhaltete 30 Minuten Skilanglaufen in der klassischen Technik im Trainingsbereich A0 mit anschließendem 30-minütigen spezifischen Krafttraining durch Doppelstockschübe, das sowohl im A2- als auch im A3-Bereich absolviert wurde. Die Morgenwerte sind in der ersten Woche annähernd gleich und fallen in der zweiten Woche etwas ab. In der dritten Wochen steigen die Werte sukzessive wieder an und erreichen gegen Ende der Testphase den höchsten Wert. Die Tagesveränderung des Aerobic Status Index ist an jedem Messtag negativ und steigt über Nacht immer an. In Bezug zu den Trainingsumfängen wird kein auffälliges Indexverhalten

erkannt. Abbildung 51 veranschaulicht den Aerobic Status Index im Verlauf der drei Trainingswochen deutlich.

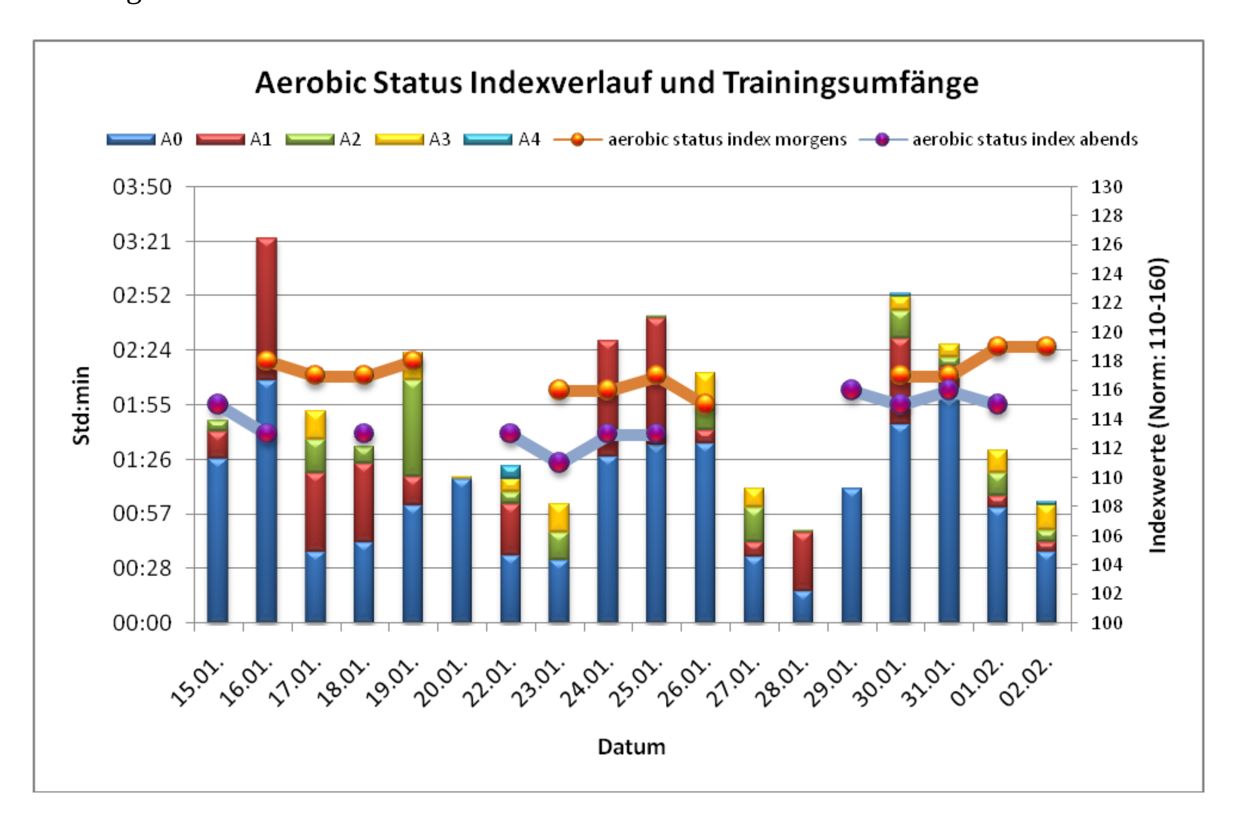


Abb. 51: Aerobic Status Index und Trainingsumfänge im Verlauf der Trainingstage von Proband#5

6.5.5.5 Anaerobic Status Index

Die Werte des Anaerobic Status Index liegen bei Proband#5 zwischen 130 und 155 und befinden sich nur zu Beginn kurz unter der Normgrenze von 132 und steigen dann tendenziell bis zum Ende des Testzeitraums, an dem auch der höchste Wert der Messungen angezeigt wird. Auffallend ist der steile und kontinuierliche Anstieg der Morgenwerte in der ersten Woche von 132 auf 146. In der zweiten Woche bleiben die Werte gleich und in der dritten Trainingswoche sinken die Werte vom 30.01. bis zum 01.02. rapide ab und schnellen am 02.02 auf den Höchstwert wieder hoch. Dieser sinkende Verlauf bis zum 01.02. verhält sich proportional zu den sukzessive reduzierten Trainingsumfängen an diesen Tagen.

Die nächtlichen Veränderungen sind bis auf zwei Nächte positiv. Zwischen 23./24.01 und 31.01. und 01.02. fallen die Indexwerte vom Abendwert ausgehend nochmals ab. In der Nacht zum 24.01. um einen Indexpunkt und in der Nacht zum 01.02. um sechs Punkte. Am

23.01. wurde am Nachmittag, wie oben erwähnt, eine Fahrradergometrie und am 31.01. eine 83-minütige MTB-Tour im A0-Bereich am Vormittag und ein Orientierungslauf mit A2- und A3-Anteilen am Nachmittag absolviert.

Dreimal erhöhte sich der Indexwert untertags. Zweimal nur um einen bzw. zwei Indexpunkte und einmal, am 01.02., um deutliche acht Punkte. An diesem Tag standen ein 71-minütiges OL-Training mit Intensitäten bis in den A3-Bereich und 20-minütige Kräftigungsübungen am Programm. Abbildung 52 lässt die Verläufe des Anaerobic Status Index deutlich erkennen.

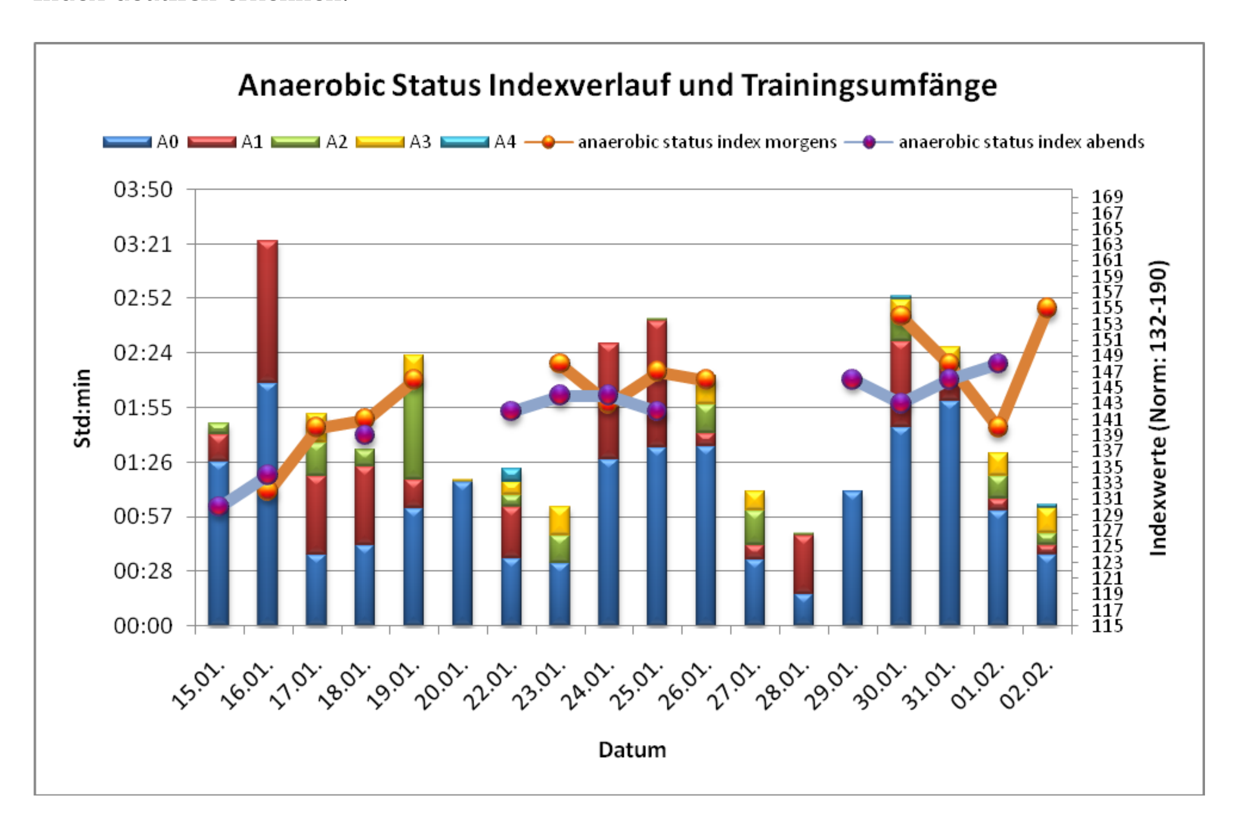


Abb. 52: Anaerobic Status Index und Trainingsumfänge im Verlauf der Trainingstage von Proband#5

6.5.5.6 Alactic Status Index

Die Werte des Alactic Status Index sind auch immer im Normbereich und weisen von der ersten zur zweiten Woche einen deutlich Indexanstieg auf. Der niedrigste Wert ist, wie auch schon beim Anaerobic Status Index, der erste Messwert des Testzeitraums mit 13 Indexpunkten und der höchste ist ebenfalls wie beim vorigen Indexwert der letzte Messwert mit 19. Der gesamte Verlauf ähnelt dem des Anaerobic Status Index sehr, wobei die Abendwerte hier eine ausschließlich steigende Tendenz bis zum Testende aufweisen.

Der morgendliche Indexwert sinkt in der dritten Testwoche wieder bis zum 01.02. ab und zeigt dann ebenfalls eine deutliche Erhöhung von 15 auf 19 Indexpunkten am 02.02. an. Der nächtliche Abfall des Alactic Status Index ist nur vom 31.01. zum 01.02. zu erkennen. Am 31.01. wurde eine MTB-Tour im A0-Bereich und ein gemischt intensiver Orientierungslauf absolviert.

Die Erhöhung des Indexwertes während des Tages ist am 16.01 und 01.02. zu finden. Am 16.01. stand eine dreistündige MTB-Tour in A0/A1 am Programm und am 01.02. wurde ein OL-Training mit A2/A3-Anteilen sowie ein funktionelles Kräftigungsprogramm absolviert. In Abbildung 53 sind die Indexverläufe der Messungen deutlich ersichtlich.

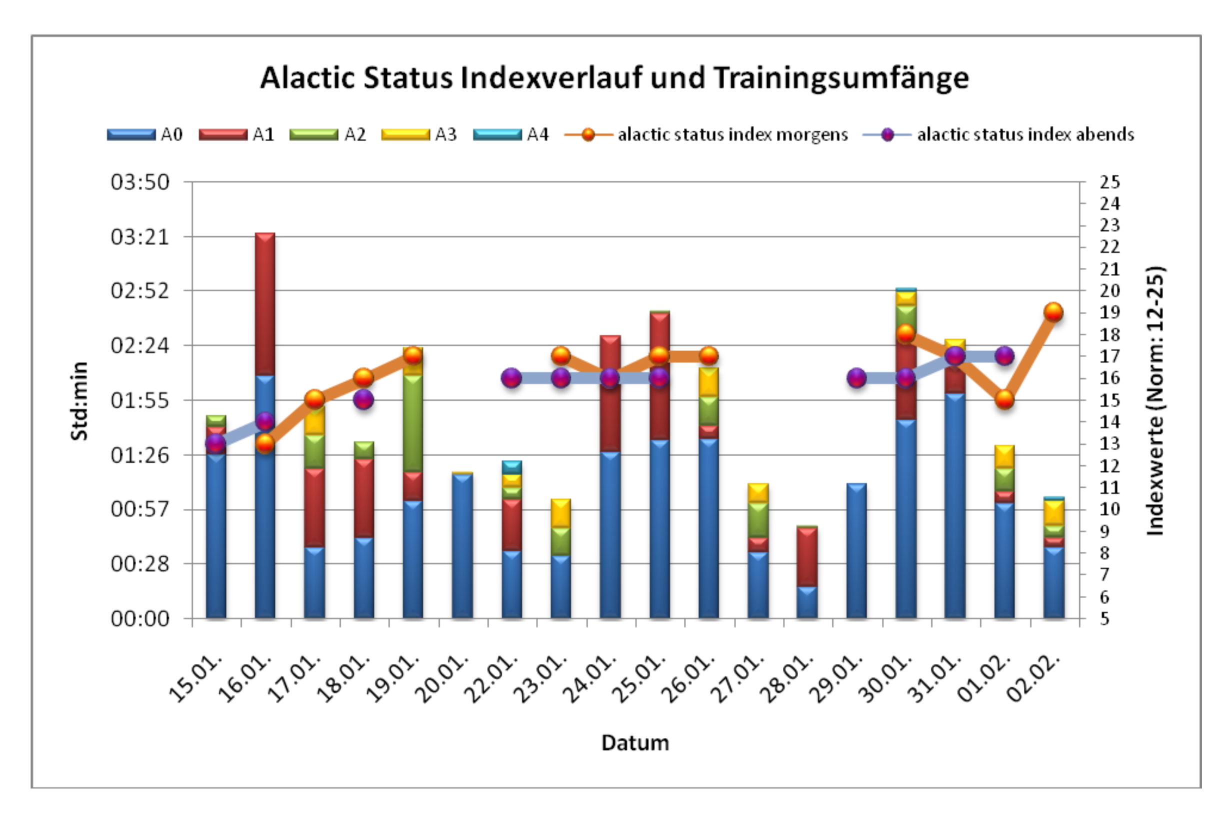


Abb. 53: Alactic Status Index und Trainingsumfänge im Verlauf der Trainingstage von Proband#5

6.5.5.7 System's Adaptation Index

Die Werte des System's Adaptation Index bewegen sich von 198 bis 219 und befinden sich in der unteren Hälfte der Normwerte. Beim System's Adaptation Index steigen beinahe jede Nacht die Werte an und zwar um mindestens drei bis maximal neun Indexpunkte. In einer Nacht, vom 31.01. auf 01.02., sinkt der System's Adaptation Index von 209 auf 208 ab. Auffallend ist beim Betrachten der Verläufe der Abend- und Morgenmessungen, dass

sich die Verläufe sowohl in der zweiten als auch der dritten Trainingswoche umgekehrt proportional verhalten. Die Indexwertveränderungen während des Tages sind bis auf den 01.02. immer positiv und streuen zwischen zwei und zwölf Indexpunkten. Die Trainingsinhalte des 01.02. wurden in der Beschreibung der anderen metabolischen Parameter zuvor schon des Öfteren erläutert und es wird daher auf eine Wiederholung an dieser Stelle verzichtet.Auch hier ist der deutlich steile Anstieg der Morgenwerte in der ersten Testwoche auffallend, in der der Wert von 201 auf 211 hochklettert. Der steile Abfall der drei Morgenmesswerte zu Beginn der dritten Testwoche ist ebenso markant, wie der anschließende plötzliche Anstieg innerhalb eines Tages um elf Indexpunkte auf den Höchstwert der ganzen Messungen. Abbildung 54 zeigt die Verläufe anschaulich in einer Grafik.

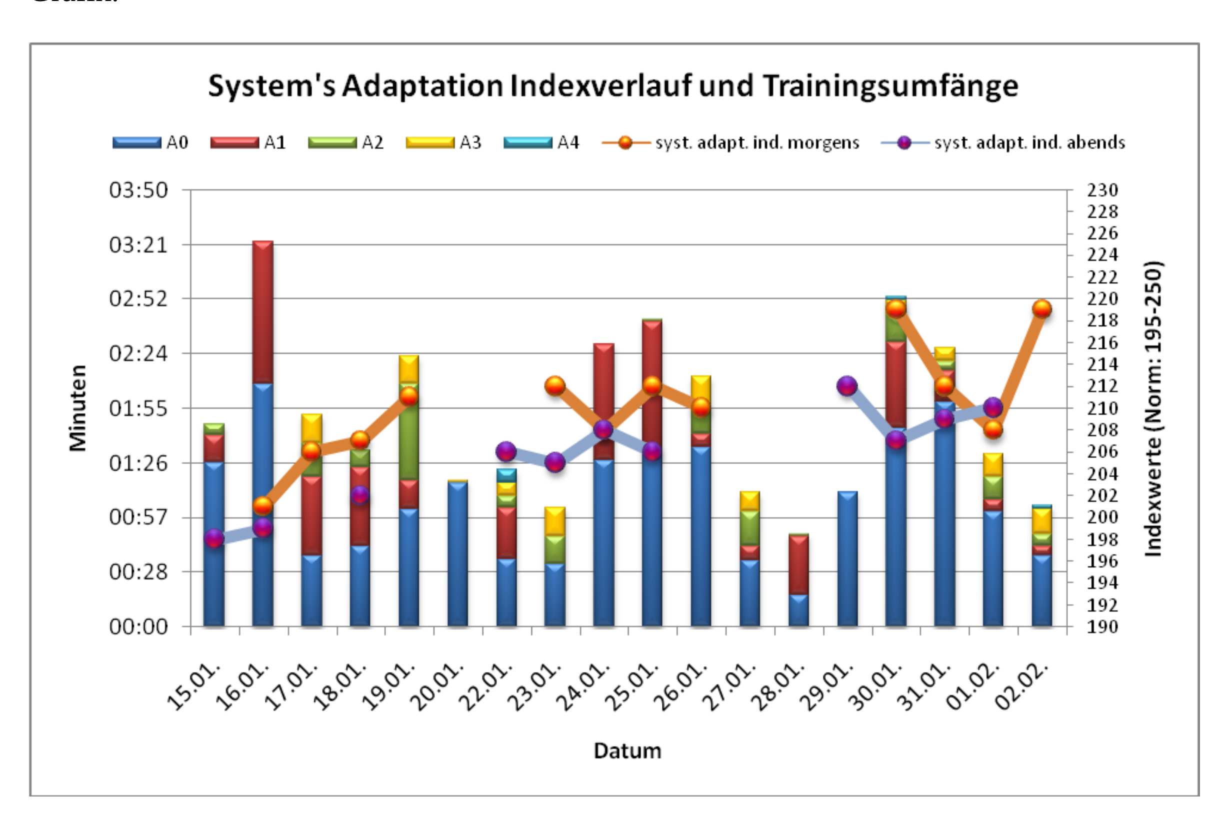


Abb. 54: System's Adaptation Index und Trainingsumfänge im Verlauf der Trainingstage von Proband#5

6.5.5.8 Heartrate at Anaerobic Threshold

Die von OmegaWave Sport 2.0 Software berechneten Herzfrequenzen an der anaeroben Schwelle zeigen in ihrem Verlauf keine besonderen Merkmale auf und können aufgrund

der Streuung von sechs Schlägen, zwischen 169 und 175 bpm, während des gesamten Testzeitraums als leicht verändert bezeichnet werden, wie in Abbildung 55 ersichtlich ist.

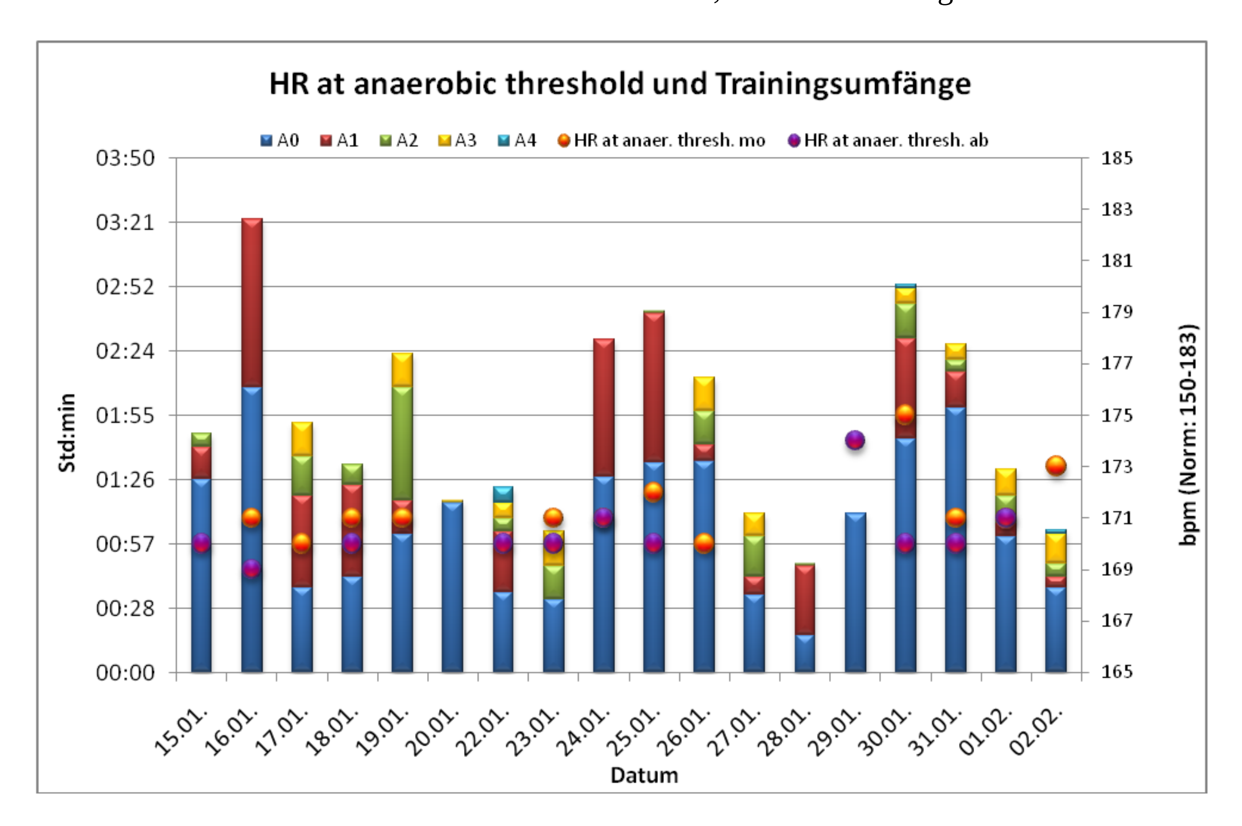


Abb. 55: Herzfrequenz an der anaeroben Schwelle und Trainingsumfänge im Verlauf der Trainingstage von Proband#5

6.5.5.9 Zusammenfassung und Interpretation

Aufgrund der niedrigen Herzfrequenzwerte bei den Messungen von Proband#5 wird angenommen immer im Ruhezustand getestet zu haben um somit vergleichbare Testbedingungen bei den Morgen- und Abendmessungen zu erreichen.

Die Rel.VO_2max Indexwerte bleiben bei den Morgen- und Abendmessungen nahezu gleich und sind mit den Werten 69 bis 71 im Vergleich zu den anderen Probanden als zweitniedrigste Werte einzuordnen. Die aerobe Ausdauerleistungsfähigkeit wird jedoch in der Kategorie der anderen Athleten, mit Ausnahme von Proband#2, eingestuft, die bei leistungsdiagnostischen Tests annähernd gleiche Ergebnisse lieferten. Somit ist auch in diesem Fall der Rel. VO_2max Index kein direkter Repräsentant der maximalen Ausdauerleistungsfähigkeit des Probanden#5.

Die Morgenwerte des Aerobic Status Index sind über die drei Trainingswochen annähernd auf gleichem Niveau und ändern sich nur minimal (maximale Streuung beträgt drei Indexpunkte). Die Abendwerte fallen hingegen von der ersten zur zweiten Woche leicht ab und erfahren einen deutlichen Anstieg in der letzten Testwoche. Die Morgenwerte sind an allen Tagen höher als die Abendwerte, es gibt auch keine nächtlich sinkenden Indexwerte. Alle Werte des Aerobic Status Index fallen nie unter die Normgrenze von 110. Die Trainingsbelastungen führen demnach bei Proband#5 zu Auslenkungen des aeroben Status Index, die den Erwartungen entsprechend ausfallen. Untertags sinkt der aerobe Funktionsstatus und in der Nacht, dem Zeitraum der Erholung, steigt der aerobe Funktionsstatus wieder an.

Der Anaerobic Status, der Alactic Status und der System's Adaptation Index haben allesamt sehr ähnliche Verläufe, vor allem die der Morgenwerte. Bis auf die ersten beiden Messwerte des Anaerobic Status Index sind alle Werte über der Normgrenze. Ein deutlicher Anstieg der Morgenwerte von der ersten zur zweiten Woche und ein markanter Abfall der ersten drei Morgenmessungen der dritten Woche mit dem steilen Anstieg des letzten Wertes auf den Höchstwert der jeweiligen Indizes sind zu erkennen. Die Erhöhung der jeweiligen energetischen Kapazitäten während der ersten beiden Trainingswochen könnte mit den geringeren Gesamtumfängen, aber auch mit den wenig intensiven Ausdauerbelastungen interpretiert werden. Der rasche Abfall der Indizes in der dritten Woche könnte wiederum mit der deutlichen Steigerung des Laufpensums in der OL-Technikwoche zu erklären sein. Wie zuvor erwähnt, absolviert Proband#5 einen Großteil seiner Trainingsumfänge am Fahrrad bzw. Fahrradergometer und war dementsprechend seinen Kollegen gegenüber von der Bewegungsökonomie und den muskulären Voraussetzungen für das Laufen etwas benachteiligt und daher aus dieser Sicht etwas defizitär in die Laufschwerpunktwoche gestartet. Das kann durchaus die Höhe der Beanspruchung einzelner Systeme massiv fordern, was sich eventuell an den erwähnten Indizes bemerkbar macht. Die systematische Reduktion des Trainingsumfangs während der dritten Woche bis auf 91 Minuten (70 Minuten OL-Training und 20 Minuten Rumpfkräftigung) lässt auch die energetischen Systeme erholen, was sich am 02.02. bei der Morgenmessung durch einen deutlich erhöhten Indexwert bemerkbar macht.

Die umgekehrt proportionalen Verläufe der Morgen- und Abendwerte des System's Adaptation Index in der zweiten und dritten Testwoche wollen hier ebenfalls erwähnt werden, da dies nur bei diesen Indexverläufen so eindeutig erkennbar ist. Ein Abfallen des

Morgenwertes wird mit einem Anstieg des Abendwertes abgebildet und am folgenden Tag verhält es sich genau umgekehrt. Ein Absinken des Morgenwertes mit einem Ansteigen des Abendwertes ist nachfolgend ebenfalls zu verzeichnen. Dies lässt bei genauerer Betrachtung der Trainingsinhalte an diesen Tagen darauf schließen, dass intensive Trainingsbelastungen hier über Nacht verzögert nachschwingen und dominant aerobe Belastungen kaum Indexausschläge provozieren, was sich auch schon bei vorhergehenden Betrachtungen bei den anderen Probanden abgezeichnet hat.

Der nächtliche Abfall und somit die Verringerung der Anpassungskapazität der durch die Indizes repräsentierten Systeme ist auch bei allen drei Parametern vom 31.01. zum 01.02. deutlich erkennbar und beim Anaerobic Satus Index fällt zusätzlich der Indexwert in der Nacht vom 23. zum 24.01. ebenfalls leicht ab. Intensive Belastungen an diesen zwei Tagen mit A4-Intensitäten bestätigen die vorherigen Vermutungen zu den nachschwingenden Indexauslenkungen. Die Äußerungen im Befindensprotokoll zeigen an diesen Tagen jedoch keine Hinweise zu diesen Wertverläufen.

Die Werte der Heartrate at anaerobic threshold sind in diesem Zusammenhang auch wenig bedeutsam gestreut und weisen keine auffälligen Wertesprünge auf. Außerdem sind diese Werte Empfehlungen für das Training, die bereits aus Berechnungen der anderen Parameter entstanden sind. Da punktuelle Herzfrequenzempfehlungen ohnedies in der Sportpraxis kaum umzusetzen sind, können die Werte der Schwellenherzfrequenz von 169 und 175 als Schwellenherzfrequenzspanne angesehen werden. Interessant im Vergleich mit tatsächlich gemessenen Schwellenherzfrequenzen von Proband#5 ist die Tatsache, dass die bei einer Laufbandergometrie im März 2007 gemessene Herzfrequenz an der 4mmol Schwelle von 154 Schlägen pro Minute doch deutlich unter der von OmegaWave empfohlenen Herzfrequenz liegt. Somit sollte die Empfehlung der Schwellenherzfrequenz zur optimalen Steuerung des aeroben Entwicklungstrainings mittels weiterer biologischer Steuergrößen verifiziert werden.

Zusammenfassend kann der Verlauf des aeroben Status Index mit Trainingsbelastungen in Verbindung gebracht werden, deren Umfang und Intensität jedoch keine nennenswerten Spezifitäten in der Indexausprägung erkennen lassen. Die anderen drei Indizes reagieren ebenfalls auf Trainingsbelastung, vor allem mit einer nächtlichen Verzögerung bei intensiveren Anteilen und werden vom Autor in ihrem drastischen Abfall in der dritten Woche als Zeichen der ungewohnten Laufbelastung interpretiert. Einige mögliche Erklärungsansätze für die Verläufe der Indexwerte sind bei Proband#5 durchaus

vorstellbar, eindeutige Zusammenhänge von Trainingsbelastungen und Indexverläufen jedoch sind auch hier nicht erkennbar.

7 Diskussion und Abschlussbetrachtung

Die vorliegende Arbeit wurde unter dem Gesichtspunkt der Überprüfung der Praxistauglichkeit des OmegaWave Sport Technology® Systems zur Unterstützung der Trainingssteuerung im Leistungssport durchgeführt. Es wurde im Speziellen versucht, die Auslenkung metabolischer Funktionszustände aufgrund von Trainingsbelastungen festzustellen, um daraus die Wirkrichtung und die Dynamik der gesetzten Trainingsbelastungen nachvollziehen zu können. Basis der zugrundeliegenden Methodik für die Aussagen zum Funktionszustand metabolischer Prozesse sind Interpretationen von Differential-EKG-Analysen. Das Differential-EKG des OmegaWave Systems beinhaltet vier Extremitäten- sowie drei Brustwand-Ableitungen. Die Aufzeichnungsdauer beträgt fünf Minuten. Generell wird von der Hypothese ausgegangen, dass ein Zusammenhang zwischen den Depolarisationsmustern der beiden Ventrikel des Herzmuskels und verschiedenen Energiebereitstellungsmechanismen besteht. So werden Indizes der maximalen Sauerstoffaufnahme und der funktionellen Kapazität des aeroben, anaeroben und alaktaziden Systems sowie die Herzfrequenz in verschiedenen Intensitätsbereichen errechnet. Empirische Daten, so die Hersteller, hätten hohe Korrelationen mit der VO_2max (0,83), der Herzfrequenz an der anaeroben Schwelle (0,71) und der funktionellen Kapazität des alaktaziden Systems (0,60) gezeigt. Die im Kapitel 5 analysierten Studien spiegeln nach dem Kenntnisstand des Verfassers den derzeitigen Wissensstand in Bezug auf die Zusammenhänge von signalgemittelten EKG-Parametern und metabolischen Prozessen im Skelettmuskel. Die relativ geringe Anzahl an Publikationen dürfte sich aufgrund der Neuartigkeit des Systems erklären. Trotz der geringen wissenschaftlichen Absicherung der Aussagen von OmegaWave zu metabolischen Funktionszuständen wird OmegaWave Sport Technology® System bereits von einigen sehr erfolgreichen und namhaften Fußballklubs, wie A.C. Milan, Bayern München, FC Barcelona oder Manchester United zur Trainingssteuerung eingesetzt.

Im Rahmen der Empfehlungen zur Trainingsteuerung stützt sich OmegaWave, bei dem Phänomen der Adaptation des Organismus auf adäquate Reize, auf das Modell der

Superkompensation von Jakowlew (1977). Vor allem die energetisch determinierten Trainingsfaktoren, wie Ausdauer, Kraft und zum Teil auch Schnelligkeit, sollen durch die Darstellung der Dynamik der drei Energiebereitstellungssystemen (aerob, anaerob-laktazid und anaerob-alaktazid), die durch sogenannte Indizes, die wiederum den Beanspruchungsgrad von einwirkenden Belastungen anzeigen, repräsentiert sind, in ihrer Trainingseffizienz unterstützt werden. Aus deren Verlauf werden die Phasen der Ermüdung, Erholung und Superkompensation der entsprechenden metabolischen Funktionszustände charakterisiert. Damit würden sie den in der Literatur oft kritisierten reinen Modellcharakter der Superkompensation (Martin, Carl & Lehnertz, 2001; Hohmann, Lames & Letzelter, 2007; Platonov, 2008; Brückner & Wilhelm, 2008) empirisch bestätigen.

Um die Interpretation der Verläufe der metabolischen Indizes in Bezug auf die Trainingsbelastungen nachvollziehbar zu machen, wird das Theoriemodell der Superkompensation nochmals kurz skizziert: Ausgangspunkt des Modells ist die biologische Gesetzmäßigkeit, wonach eine Funktion des Organismus, einmal aus dem Gleichgewicht gebracht, wieder zum Ausgangswert zurückkehrt und dabei eine Phase der überschießenden Wiederherstellung des Potenzials durchläuft (Platonov, 2008 S. 15). Trifft den Organismus bzw. bestimmte Organsysteme im Zustand der Superkompensation eine erneute Belastung vorausgegangener Art, dann vollzieht sich der gleiche Ablauf organischer Beanspruchung und Regeneration. Es kommt zur Überlagerung und Verstärkung der Superkompensationswirkungen und wahrscheinlich zu einer Anpassung im Organismus im Sinne einer Zunahme des energetischen Leistungszustandes (Martin, Carl & Lehnertz, 2001 S. 94). Der Auslenkungsgrad des Funktionszustands energetischer Systeme, aufgrund von Ermüdung durch Belastung, und die Dauer der Wiederherstellung ist von System zu System unterschiedlich und vor allem von Intensität und Umfang der Belastung abhängig, wie bei Schnabel, Harre und Borde (1997, S. 75) nachzulesen ist. Der Gleichgewichtszustand eines Systems wird erst durch eine entsprechende Belastungsstärke gestört, die dann zur Neuregulation der beteiligten Systemkomponenten führt. Damit erhöht sich das Funktionsniveau und um dieses für eine weitere Steigerung zu provozieren, sind die Belastungen ebenfalls zu erhöhen, wobei Zintl und Eisenhut (2001, S. 21) betonen, dass mit Zunahme des Leistungsniveaus (Anpassungsniveaus) der Superkompensationseffekt immer geringer wird.

Mit diesem Hintergrund wurden die Verläufe der Indexwerte in Bezug auf die Trainingsbelastungen interpretiert. Obwohl die Probanden einzeln analysiert wurden und auch durchaus verschiedene Beobachtungen gemacht wurden, ergeben sich doch gemeinsame Fragstellungen, die auch als solches hier angeführt und diskutiert werden sollen.

Der Aerobic Status Index wurde vor allem in Bezug auf die Trainingsbereiche A0, A1 und A2, die bei Laktatwerten von bis zu maximal 2,5 mmol Laktat auf eine dominante Beanspruchung des aeroben Energiestoffwechsel schließen lassen, betrachtet und wies keine nennenswerten Indexveränderungen auf, die mit Belastungen in den oben genannten Intensitätsbereichen in Zusammenhang gebracht werden könnten. Intensivere aerobe Ausdauerbelastungen konnten ebenfalls in keinen Zusammenhang mit den entsprechenden Indexauslenkungen gebracht werden.

Da die Indexwerte und deren Verlauf laut OmegaWave den Funktionsstatus des entsprechenden energetischen Systems repräsentieren, sind die Verläufe des Anaerobic Status Index und des Alactic Status Index während des Untersuchungszeitraums, aufgrund der oftmals beobachteten Erhöhung nach absolvierten Trainingseinheiten im Vergleich zu Messungen am Morgen, nicht direkt nach dem biologischen Belastungs-Beanspruchungs-Prinzip zu verstehen. Es könnte eine verzögerte Auslenkung der Indizes denkbar sein, da sehr häufig nach einem Anstieg des Wertes untertags, ein nächtlicher Indexabfall bei den beiden oben genannten Indizes beobachtet wurde. Dieser nicht lineare Erholungsverlauf könnte auch auf Kumulationseffekte von Belastungsreizen sowie komplexer Wiederherstellungsprozesse hindeutet, wie es Platonov (2008) als auch Hohmann, Lames und Letzelter (2007) in der Begründung ihrer Kritik zur Generalisierung des Superkompensationsmodells einwenden.

Die Komplexität von Trainingsbeanspruchungen in ihrer Synergie verschiedener metabolischer Prozesse und unterschiedlich langer Erholungszeiten könnte ein Grund sein, dass Trainingsbelastungen nicht unmittelbar an eindeutigen Indexauslenkungen zu erkennen sind. Vor allem konträre Indexverhalten bei gleichen Trainingsbelastungen oder gleiche Indexverhalten bei deutlich verschiedenen Belastungen lassen keine logischen Schlüsse auf eindimensionale Auswirkungen von Trainingsbelastungen auf energetische Funktionszustände zu, sofern diese, die Literaturquellen dazu sind wie berichtet recht spärlich, die energetischen Zustände tatsächlich beschreiben.

Regenerative Einheiten sowie ein trainingsfreier Tag während der Messung bei Proband#4 konnten an Anstiegen nahezu aller Indizes beobachtet werden und würden in diesem Fall eine Erholung der metabolischen Funktionszustände widerspiegeln, wie es von regenerativen Belastungen und Ruhephasen auch erwartet wird.

Aus diesen Erkenntnissen kann die Fragestellung 1, die eingangs in Kapitel 3 aufgestellt wurde und „Zeigen die Indexwerte der OmegaWave-Messungen Veränderungen jener Systeme an, die zuvor durch Trainingsbelastungen beansprucht worden sind?“ lautet mit nein beantwortet werden. Erklärungsansätze, warum das Indexverhalten zustande kommt, können vielseitig sein, bleiben jedoch Vermutungen und haben somit keine wissenschaftliche Relevanz in Bezug auf die Klärung des beobachteten Indexverhaltens.

Bei der Beobachtung der Indexverläufe während der Mikrozyklen und im Verlauf der drei Wochen können Tendenzen erkannt werden, die durch die Belastungscharakteristik der Trainingswoche erklärt werden können. Der Erklärung begründet sich daher, dass sich vor allem der Aerobic Status Index und der System’s Adaptation Index bei Senkung des Gesamtumfangs leicht erhöhen und sich umgekehrt, bei einer Steigerung des Trainingsumfangs, verringern. Die Tendenzen bei den Indexverläufen würden die bekannte Annahme bestätigen, dass sich Umfangsentlastungen auf die Verarbeitung von Trainingsbelastungen positiv auswirken und dass Umfangssteigerungen die Wiederherstellungs- und Anpassungskapazität mehr beanspruchen (Neumann, Pfützner & Berbalk, 2007, S. 191). Da es jedoch nur Tendenzen sind, die durch geringe Indexveränderungen erkennbar sind und bei den fünf Probanden unterschiedlich ausfallen, ist eine Generalisierung dieser Beobachtung nicht zulässig. Die Beobachtung des markanten täglichen Absinkens des Anaerobic Status Index, des Alactic Status Index und des System’s Adaptation Index bei Proband#4 und Proband#5 in den ersten Tagen der dritten Trainingswoche, in der die Trainingsintensitäten deutlich erhöht wurden, würde auf eine erhöhte Funktionsanforderung der energetischen Systeme und die damit verbundene Beeinflussung der Regenerationszeiten hindeuten. Das junge Trainingsalter von Proband#4 und die aufgrund von Beinhautproblemen gezwungene drastische Reduktion der Laufumfänge von Proband#5 könnten die Erklärung für die deutlich sichtbaren Indexauslenkungen in der intensiveren Trainingswoche im Vergleich zu den drei anderen Athleten sein.

Daraus lässt sich die zweite Fragestellung „Spiegeln die dynamischen Verläufe der Indexwerte die Umfangs- und Intensitätsverteilung der Trainingsbelastungen in den

Mikrozyklen wider?“ nicht eindeutig beantworten. Bei einigen Probanden können Zusammenhänge durchaus herausgelesen werden, bei anderen Probanden hingegen keine. Als Begründung werden hier einige Sachverhalte dargelegt.

Aufgrund der etwas unterschiedlichen Trainingsgestaltung während der drei Wochen kann vor allem die entstandene Summation mehrerer Trainingsbelastungen, wie es im Leistungssport zur stärkeren adaptiven Ausreizung üblich ist, schwer analysiert werden. Trainingsbelastungen wirken auf bereits vorbelastete bzw. noch nicht vollständig erholte Funktionssystem anders als eindimensional isolierte Belastungen. Hohmann, Lames und Letzelter (2007, S. 169) merken dazu an, dass beim biologisch-medizinischen Ansatz des sportlichen Trainings noch offene Forschungsfragen in Bezug auf die biologisch-adaptiven Wechselwirkungen bei simultan einwirkenden und sich positiv oder negativ überlagernden Trainingseinflüssen bestehen.

Es konnte nicht geklärt werden, inwieweit die dokumentierten Trainingsintensitäten tatsächlich die energetischen Prozesse angesprochen haben, die man sich aufgrund der metabolischen Zuordnung, die sich auf definierte Laktatwerte für die entsprechenden Trainingsbereiche stützt, erwartet hat. Dazu müssten weitere metabolische Parameter begleitend erhoben werden, um entsprechende Vergleiche und damit Zuordnungen anstellen zu können. Die nicht erkennbare Auslenkung des Aerobic Status Index beispielsweise bei dominant aeroben Trainingseinheiten von mehr als zwei Stunden Dauer könnte neben einer nicht gesicherten Validität des Indexwertes auch an nicht ausreichend beanspruchten Funktionskapazitäten liegen. Dazu müssten unbedingt Ruhewerte der Indizes erhoben werden, die während der Übergangsperiode unter tief erholten organismischen Bedingungen durchgeführt werden. Bei der vorliegenden Untersuchung kann das Vorbelastungsniveau nicht eingeschätzt werden und daher die Verläufe in keinen Bezugsrahmen gesetzt werden.

Die Höhe der Indexwerte in Bezug auf die Normwerte bleibt ebenfalls ungeklärt. Es wird von OmegaWave Sport Technology® keine Angabe zur Auslenkungshöhe der Indizes gemacht. Im Operating Manual ist lediglich ein Beispiel zu finden, wie die Differential-EKG-Parameter die Effekte der Belastung, Erholung und Superkompensation darstellen. Wie stark die Auslenkung des Indexwertes sein sollte, um von einer ausreichenden Beanspruchung mit zu erwartender superkompensatorischer Erhöhung ausgehen zu können, wird nicht empfohlen. Ein proportionales Verhältnis der Indexauslenkung zur

Belastungshöhe wäre jedoch zur Einschätzung der Trainingswirkung wünschenswert und die Basis dafür, diese Erkenntnisse zur Optimierung des Trainingsprozesses einzusetzen.

Die Definition der Normwerte wird vom Hersteller mit der Aussage „gut funktionierende Stoffwechselsysteme für die Altersgruppe der 18- bis 35-jährigen“ beschrieben und es bleibt jegliche Erklärung für Werte, die außerhalb dieser Norm liegen, offen. Können Werte, die sich unterhalb der Normgrenze befinden, als hoch beansprucht und somit als „schlecht“ funktionierende Stoffwechselsysteme bezeichnet werden? Ist bei einer einmaligen Auslenkung unter die Normgrenze mit einer sofortigen Entlastung des Systems zu reagieren oder soll erst nach mehrtägigem Verweilen des Indexwertes unterhalb der Grenze reagiert werden? Wie werden Ruheausgangswerte von gut trainierten Athleten eingeschätzt, die an der Untergrenze der Normwerte liegen?

Unbeantwortete Fragen, die jegliche Einschätzung von Indexverläufen vage Vermutungen sein lassen und die dringend geklärt werden sollten, damit seriöse evidente Aussagen von Indexverläufen zur Trainingsbelastungsdynamik gemacht werden können.

Im Regelfall werden Mikrozyklen so angelegt, dass die Ermüdung im Laufe einer Woche, die in den meisten Fällen der verwendete Zeitraum für einen Mikrozyklus ist, kontinuierlich zunimmt, und man erst am Ende des Mikrozyklus eine ein- bis zweitägige Regenerationsphase einlegt. Dies wird meist über die Dauer eines Mesozyklus wiederholt, um dann durch eine summierte überhöhte Anpassungsreaktion des Organismus, aufgrund der aufgestockten Ermüdung, mit einer Leistungssteigerung zu rechnen. Die Herausforderung bleibt, wo die individuelle Grenze der Belastbarkeit ist, damit ein zeitlich begrenztes Übertraining (*overreaching*) nicht zu irreversiblen und komplexen Erschöpfungszuständen (*overtraining*) führt, wie Hohmann, Lames und Letzelter (2007, S. 166) betonen. Hier würde das OmegaWave Sport Technology® System wertvolle Dienste leisten, wenn man diese Grenze erkennen könnte. Da diese jedoch individuell verschieden ist und noch von vielen trainingsunabhängigen Faktoren mit beeinflusst wird, sind individuelle Erfahrungen von längerer Dauer unbedingt notwendig und es müssen ganz spezifische Merkmale für Belastbarkeitsgrenzen erkannt und definiert werden. Auch Harre, Schnabel und Borde (1997, S. 199) fordern zur optimalen Trainingsgestaltung Objektivierungsmöglichkeiten vom Beanspruchungs- und Wiederherstellungsgrad des Organismus und seiner Funktionssysteme, die den Grad der Abweichung vom sogenannten Normalbereich angeben. Die Autoren erklären in ihren Vorstellungen auch den Umgang

von Parameterschwankungen in Bezug auf Normwerte. Drei Reaktionsbereiche werden von den oben genannten Autoren beschrieben:

- Der *Normalbereich* signalisiert, dass Trainingsbelastungen nicht zu einer wesentlichen Inanspruchnahme des untersuchten Funktionssystems geführt haben oder dass der Normalbereich durch Erholung wieder hergestellt wurde.
- *Auslenkungen aus dem Normalbereich* deuten darauf hin, dass das normale Beanspruchungsmaß überschritten wurde und zusätzliche Kompensationsmechanismen in Anspruch genommen werden mussten.
- Der Bereich der *Grenzen der Belastungsverträglichkeit* sollte nach Möglichkeit nicht überschritten werden. Einmalige Auslenkungen einzelner Parameter sollten nicht überbewertet werden, solange sich dieser Befund nicht wiederholt bzw. durch andere Parameter unterstützt wird.

Diese Reaktionsbereiche widerspiegeln sich auch in den sogenannten Ermüdungssymptomen, die in der täglichen Praxis die annähernde Einschätzung des Beanspruchungsgrades durch die Beobachtung des Sportlers erlauben (Harre, Schnabel & Borde 1997, S. 200).

Diese Autoren beschrieben bereits 1997 die Vorgehensweise von Untersuchungsverfahren zur Objektivierung von Beanspruchungs- und Wiederherstellungsgrad durch Trainingsbelastungen und fordern auch die subjektive Einschätzung des Athleten zu berücksichtigen. In der vorliegenden Untersuchung wurde eben diese Befindenseinschätzung auch eingefordert, wobei eine einheitliche Nomenklatur für vergleichende Auswertungen von Vorteil gewesen wäre. Die individuelle Einschätzung weist sehr deutlich auf Grenzen der Beanspruchungskapazität hin und es wird beim Überschreiten dieser Grenzen in den meisten Fällen durch eine unmittelbare Umgestaltung des Trainingsprogramms sofort darauf reagiert. Bei einem Probanden wurde bei einer Äußerung zu ermüdetem Befinden auch eine Indexabsenkung unter den Normbereich festgestellt. Da trotz Ruhetag und wieder „gut erholtem Gefühl“ die Indexwerte weiterhin unter der Normgrenze blieben, können OmegaWave Indexschwankungen unterhalb der Normgrenze schwer durch subjektive Einschätzungen gestützt werden. An dieser Stelle muss allerdings auch eingewendet werden, dass die Messungen bei dieser Untersuchung nicht durchgehend stattgefunden haben, weil die Athleten über das Wochenende nicht gemeinsam am Kursort verweilten und daher an den Regenerationstagen keine Indexwerte

aufgezeichnet wurden. Für weitere Untersuchungen werden daher durchgehende Messungen vorgeschlagen, um Verläufe kontinuierlich über längere Zeitspannen zu beobachten.

Der Zeitpunkt der Abendmessungen ist in Bezug auf Aussagen zur Belastungsgröße ebenfalls zu überdenken, da ein gewisser Regenerationseffekt durch die verzögerte Messung nach den Trainingsbelastungen nicht auszuschließen ist. Martin, Carl und Lehnertz (2001, S. 74) sprechen in diesem Zusammenhang von Sofort-Regenerationen, die nach dem Training beginnen und umso wirksamer sind, je regenerierter ein Organismus vor dem Training war. Diese Sofort-Regenerationen ermöglichen es auch, dass täglich zwei, manchmal sogar drei, Trainingseinheiten durchführbar werden. Messungen müssten direkt nach einer Trainingsbelastung durchgeführt werden, damit die direkte Beanspruchungshöhe der gesetzten Trainingsbelastung auf das Individuum abschätzbar wird. Die Interpretation mehrtägiger Verläufe bleibt davon jedoch unbeeinflusst.

Die Herausarbeitung der objektiven Leistungsdaten der Probanden im Kapitel 6.1 erlaubt eine gerechtfertigte Einschätzung der Leistungsfähigkeit in Bezug auf die Ausdauerfähigkeit. Die Daten des Rel. VO_2max Index, die laut OmegaWave den Hinweis auf die momentane Ausdauerleistungsfähigkeit angeben, decken sich nicht mit der Reihung der aeroben Leistungsfähigkeit aufgrund der leistungsdiagnostischen Daten. Der Vergleich mit tatsächlich durchgeführten VO_2max-Messungen konnte aufgrund fehlender Daten nicht angestellt werden, würde jedoch zur Validierung dieses Indexwertes als sinnvoll erachtet werden. Vor allem der Aerobic Status Index, der durch seine Ausprägung Hinweise über die Funktion (Leistungsfähigkeit und Kapazität) des aeroben Systems, laut Hersteller, geben soll, konnte bei den Messungen keine Relationen zu den, laut leistungsdiagnostischen Testverfahren gewonnen Aussagen über die aerobe Leistungsfähigkeit, erkennen lassen. Ob Vorbelastungen den Aerobic Status Index in seiner absoluten Höhe bereits reduziert haben oder ob der Grad der Gesamttrainingsbelastungen über die drei Wochen, der doch recht unterschiedlich ausfiel und beispielsweise in der zweiten Woche von 10:52 bis 20:42 Trainingsstunden reichte, Einflussfaktoren sind, die keine Rückschlüsse der Indexhöhe der Athleten auf die Leistungsfähigkeit ihres aeroben Systems zulassen, kann mit dem derzeitigen Kenntnisstand des Verfassers nicht beantwortet werden. Aus diesem Grund kann die Fragestellung „Lassen die Höhe und die Verlaufskurven der Indexwerte auf die Leistungsfähigkeit und die Kapazität der entsprechenden Energiebereitstellungssysteme

des Athleten schließen?“ mit nein beantwortet werden. Es sei an dieser Stelle erlaubt zu erwähnen, dass interindividuelle Vergleiche von Indexwerten, trotz gleicher Trainingsbelastungen von ähnlich leistungsstarken Athleten, aufgrund der individuellen Reaktionsverhalten der beanspruchten Systemen und mehrdimensional beeinflussten Ermüdungs- und Wiederherstellungsprozessen, nach Ansicht des Autors nicht korrekt und daher unzulässig sind. Um entsprechende Validierungsstudien durchzuführen und Zusammenhänge von Indexverhalten und Trainingsbelastungen wissenschaftlich zu überprüfen, müssten unbedingt größere Untersuchungskollektive eingesetzt werden und deutlich intensitätsabgrenzende, isolierte Trainingsbelastungen zur Anwendung kommen., um exakte Zuordnungen zu metabolischen Stoffwechselprozessen machen zu können. Csapo, Gormasz, Proietti und Baron (2008, S. 22) fordern ebenfalls in ihrem Artikel über den wissenschaftlich gesicherten Einsatz des OmegaWave Sport Technology® Systems: „Die weitere wissenschaftliche Auseinandersetzung sollte auf die Dokumentation von Daten in langfristigen Trainingsstudien an großen Kollektiven fokussieren.“

Aufgrund angestellter Erklärungsversuche zum Indexverhalten der metabolischen Parameter, die durch das von OmegaWave empfohlene Superkompensationsmodell nicht nachvollziehbar zu erklären sind, wurden andere Ansichten und Modelle von Anpassungsprozessen herangezogen. Ausgelöst wurde diese Recherche durch die Kritik einiger Autoren (Martin et al., 2001; Hohmann et al., 2007; Platonov, 2008; Brückner & Wilhelm, 2008), dass der Superkompensationseffekt experimentell nur auf Prozesse des Glykogenstoffwechsels bezogen werden kann. Eine Übertragung des Superkompensationsmodells, wie Martin et al. (2001, S. 94) betonen, ist auf andere Bereiche des Stoffwechsels nicht statthaft. Die Autoren (2001, S. 95) führen weiter aus:

> „Sie (die Superkompensation) zum Prinzip zu erheben erscheint deshalb nicht gerechtfertigt, denn Lösungsmöglichkeiten der Problematik von Trainingseffekten, die durch organische Anpassung verursacht wurden, scheinen erst dann gegeben, wenn diese Anpassungen zu den dafür verantwortlichen Trainingsbelastungen in Beziehung gesetzt werden und die Trainingseffekte mit Trendanalysen auf einer Zeitreihe statistisch beschrieben werden können. Ferner muss davon ausgegangen werden, dass Veränderungen konditioneller Parameter möglicherweise nur individuell zu bewerten sind und deshalb kaum auf der Grundlage einer so verallgemeinerten Theorie wie die der Superkompensation erklärbar werden.“

Diese Ansicht teilt der Verfasser dieser Arbeit mit den oben genannten Autoren, da die Ergebnisse der Untersuchungen eben auch zu diesem Schluss führen.

Mit dem Zwei-Faktoren-Modell (Fitness-Fatigue-Modell), das Zatsiorsky (2000, S. 30) beschreibt, wo die aktuelle Leistungsfähigkeit durch zwei Prozesse, nämlich einerseits durch den *Leistungszuwachs* aufgrund der Trainingsbelastung und andererseits *Ermüdung* durch Trainingsbelastung, bestimmt wird, könnten die beobachteten Indexverläufe eher nachvollzogen werden. Die Überlagerungen dieser zwei gegensätzlichen Komponenten und der unterschiedliche zeitliche Verlauf ihres Rückschwingens, die größere Ermüdungswirkung, die von relativ kurzer Dauer ist und die Leistungsverbesserung, die mäßig, aber langanhaltend ist, bestimmen den aktuellen Funktionszustand eines Systems. Aufgrund des unterschiedlichen Verlaufs der beiden Komponenten, der sehr stark von der Höhe der Trainingsbelastung abhängig ist, kann der aktuelle Leistungszustand stark variieren. Mit diesem Modell der Auswirkung und Anpassung von Trainingsbelastungen könnten die beobachteten Indexwerte bei den durchgeführten Messungen treffender interpretiert werden. Es würde jedoch auch bei diesem Erklärungsansatz die Einordnung der Höhe der Indexauslenkung und deren Bezug zu Normwerten ausbleiben.

Zusammenfassend wird aus den Erkenntnissen dieser Arbeit geschlossen, dass durch die isolierte Betrachtung der metabolischen Indizes des OmegaWave Sport Technology® Systems im Rahmen der durchgeführten trainingsbegleitenden Untersuchung die gesicherte Objektivierung von Beanspruchung und Wiederherstellung, als Grundlage für Anpassung und Leistungsentwicklung, nicht bestätigt werden konnte. Die spärlich vorhandenen theoretischen Grundlagen der Differential-EKG-Analysen im Hinblick auf metabolische Auswirkungen von Trainingsbelastungen und die nur zum Teil nachgewiesene Validität der Indizes bedingen weitere umfangreichere Studien zur genauen wissenschaftlichen Abklärung dieser Untersuchungsmethodik. Erst wenn all diese Erkenntnisse erforscht und gesichert sind, können mit Hilfe dieser durchaus innovativen Methode der nicht-invasiven, raschen und jederzeit durchführbaren Leistungsdiagnostik gesicherte Aussagen zur Dynamik von Trainingsbelastungen getroffen werden, die dann wiederum zur Optimierung der Trainingsgestaltung im Leistungssport beitragen können.

8 Literaturverzeichnis

Biffi, A., Verdile, L., Ansalone, G., Spataro, A., Spada, R., Fernando, F., Caselli, G. & Santini, M. (1999). Lack of correlation between ventricular late potentials and left ventricular mass in top-level male athletes. *Medicine and Science in Sports and Exercise, 31* (3), 359-361.

Breithardt, G., Cain, M. E., el-Sherif, N., Flowers, N., Hombach, V., Janse, M., Simson, M. B. & Steinbeck, G. (1991). Standards for analysis of ventricular late potentials using high resolution or signal-averaged electrocardiography. A statement by a Task Force Committee between the European Society of Cardiology, the American Heart Association and the American College of Cardiology. *European Heart Journal, 12* (4), 473-480.

Brückner, J.-P., Wilhelm, A. (2008). Modellierung von individuellen Anpassungsprozessen. *Leistungssport, 38* (2), 21-26.

Csapo, R., Gormasz, C., Proietti, R. & Baron, R. (2008). OmegaWave Sport Technology® - Neue Wege der Leistungsdiagnostik. *Österreichisches Journal für Sportmedizin, 38* (1), 15-24.

Fetsch, T. (1999). Ventrikuläre Spätpotentiale [Serie: Neue Methoden in der kardialen Funktionsdiagnostik]. *Deutsches Ärzteblatt 96* (39), A-2443-2447.

Hohmann, A., Lames, M. & Letzelter, M. (2007). *Einführung in die Trainingswissenschaft* (4., überarbeitete und erweiterte Aufl.). Wiebelsheim: Limpert Verlag.

Hollmann, W. & Hettinger, T. (2000). *Sportmedizin. Grundlagen für Arbeit, Trainings- und Präventivmedizin* (4. überarbeitete Aufl.). Stuttgart: Schattauer Verlag.

Jakowelew, N.N. (1977). *Sportbiochemie.* Leipzig: Barth.

Joch, W. & Ückert, S. (1999). *Grundlagen des Trainierens* (2., überarbeitete Aufl.). Münster: Lit Verlag.

Marocolo, M., Nadal, J. & Benchimol-Barbosa, P.R. (2007). The effect of an aerobic training program on the electrical remodeling of heart high-frequency components of the signal-averaged electrocardiogram is a predictor of the maximal aerobic power. *Brasilian Journal of Medical and Biological Research, 40*(2), 199-208.

Martin, D., Carl, K. & Lehnertz, K. (2001). *Handbuch Trainingslehre* (3., unveränderte Aufl.). Schorndorf: Hofmann.

Moroe, K., Kimoto, K., Inoue, T., Annoura, M., Oku, K., Arakawa, K., Hiroki, T., Kiyonaga, A., Mukaino, Y. & Shindo, M. (1995). Evaluation of abnormal signal-averaged electrocardiograms in young athletes. *Japanese Circulation Journal, 59* (5), 247-256.

Neumann, G., Pfützner, A. & Berbalk, A. (2007). *Optimiertes Ausdauertraining.* Aachen: Meyer und Meyer.

Neumann, G., Pfützner, A. & Hottenrott, K. (2000). *Alles unter Kontrolle.* Aachen: Meyer und Meyer.

Okin, P. M., Donnelly, T. M., Parker, T. S., Wallerson, D. C., Magid, N. M. & Kligfield, P. (1992). High-frequency analysis of the signal-averaged ECG Correlation with left ventricular mass in rabbits. *Journal of Electrocardiology, 25* (2), 111-118.

Platonov, W. (2008). Warum die “Superkompensation” nicht Grundlage der Strukturierung des Trainings sein kann. *Leistungssport, 38* (2), 15-20.

Schnabel, G., Harre, D. & Borde, A. (Hrsg.). (1997). *Trainingswissenschaft. Leistung-Training-Wettkampf.* Berlin: Sportverlag.

Sleamaker, R. (1996). *Systematisches Leistungstraining. Schritte zum Erfolg.* (2., überarb. Aufl.). Aachen: Meyer und Meyer.

Smith, G. S., Vacek, J. L., Wilson, D. B., Hawkins, J. W. & Boyer, T. A. (1989). Exercise-induced alterations of signal-averaged electrocardiograms in marathon runners. *American Heart Journal, 118* (6), 1198-1202.

Vacek, J. L., Wilson, D. B., Botteron, G. W. & Dobbins, J. (1990). Techniques for the determination of left ventricular mass by signal-averaged electrocardiography. *America Heart Journal, 120* (4), 958-963.

Warburton, D. E. R., McGavock, J., Welsh, R. C., Haykowsky, M. J., Quinney, H. A., Taylor, D. & Dzavik, V. (2003). Late potentials in female triathletes before and after prolonged strenuous exercise. *Canadian Journal of Applied Physiology, 28* (2), 153-164.

Warburton, D. E. R., Welsh, R. C., Haykowsky, M. J., Taylor, D. A., Humen, D. P. & Dzavik, V. (2000). Effects of half ironman competition on the development of late potentials. *Medicine and Science in Sports and Exercise, 32* (7), 1208-1213.

Zatsiorsky, V.M. (2000). *Krafttraining – Wissenschaft und Praxis* (2. Aufl.). Aachen: Meyer und Meyer.

Zintl, F. & Eisenhut, A. (2001). *Ausdauertraining. Grundlagen, Methoden, Trainingssteuerung.* München: BLV Sportwissen.

8.1 Verwendete Software

OmegaWaveTechnologies®, Portland, OR, USA (2004). *OmegaWave Sport 2.0. Software.* Diagnose- und Analysesoftware.

Stroi, M. & Quendler, M. (2005). „*My Diary*“ - Internetbasierendes elektronisches Trainingstagebuch (http://www.mydiary.at)

9 Abbildungsverzeichnis

10 Tabellenverzeichnis

11 Anhang

Zusammenfassung

Eine professionelle Trainingsgestaltung im Leistungssport setzt die Möglichkeit der Objektivierung von Beanspruchungs- und Wiederherstellungsgrad verschiedener menschlicher Systeme voraus, um daraus zielgerichtete und effiziente Trainingsprogramme zur optimalen Leistungsentwicklung gestalten zu können. Dies zum Anlass genommen, beschäftigt sich diese Arbeit mit dem Zusammenhang von Trainingsanforderungen und dem Beanspruchungsgrad metabolischer Funktionszustände, die durch verschiedene Indizes des OmegaWave Sport Technology® System angezeigt werden. Ziel der Arbeit war die Beurteilung des Einsatzes der metabolischen Indizes des OmegaWave Sport Technology® System in der Trainingspraxis des Leistungssports. Dazu wurden fünf männliche Leistungssportler der Sportart Orientierungslauf (Durchschnittsalter 25 Jahre) drei Wochen lang (zwei Wochen Skilanglauf-Schwerpunkt und eine Woche spezifischer Orientierungslauf-Kurs) jeweils morgens und abends mit dem OmegaWave Sport Technology® System getestet. Die metabolischen Indizes, die von der OmegaWave Sport 2.0 Software anhand der EKG-Ableitungen erstellt wurden, die Trainingsbelastungen, die in eine internetbasierende Trainingsdokumentationssoftware eingetragen wurden und das subjektive Empfinden wurden erhoben und anschließend im Rahmen von Einzelfallanalysen miteinander in Beziehung gesetzt. Die Ergebnisse der Literaturrecherche über wissenschaftlich gesicherte Beurteilungsgrundlagen zu metabolischen Funktionszuständen aufgrund eines Differential-EKG brachten, ebenso wie die nicht eindeutige Zuordnung der OmegaWave Indizes zu den Trainingsbelastungen, nach aktuellem Wissensstand des Verfassers keine gesicherten Erkenntnisse zur Anwendung der metabolischen Indizes bei der Trainingssteuerung im Leistungssport. Mögliche andere Modelle der biologischen Anpassung an Trainingsbelastungen wurden diskutiert und Erkenntnissen dieser Arbeit für weitere Studien zusammengefasst.

Abstract

In order to professionally manage the training processes of high performing athletes, a way of measuring levels of stress and recovery of the various organic systems is necessary. On the basis on the results thereof, goal oriented and efficient training programs can be set up leading to optimum improvement of performance. This study presents the correlation between training loads and the effects of stress on metabolic functions, shown through various indices on the OmegaWave Sport Technology® System. The study aims at assessing the use of these metabolic indices of OmegaWave Sport Technology® System in high level sports. To this end five male athletes performing orienteering (average age 25 years) were tested in the morning and in the evening over a period of three weeks (two weeks camp of cross country skiing and one week camp for special orienteering technique) with the OmegaWave Sport Technology® System. Data were taken from metabolic indices measured by OmegaWave Sport 2.0 software on the basis of Differential ECG (Diff. ECG), from training loads which were entered into a internet based training documentation software, and from individual personal impressions. All these data were analysed individually and put into correlation with one another. The results of research in scientific findings on evident-based assessments of metabolic functions taken from Diff. ECGs as well as no clear relation between OmegaWaveIndices and training loads, do not give evidence, according to the author's knowledge, of the use of metabolic indices for the management of high level training processes. Other possible models of biological stress adaptation were discussed and the results of this study were summarized for further research.

CURRICULUM VITAE

Persönliche Daten

Name:	Claus Bader
Geburtsdatum:	05. Mai 1976
Geburtsort:	Eisenstadt
Eltern:	Paul und Marlene Bader
Staatsangehörigkeit:	Österreich
Familienstand:	verheiratet; zwei Kinder

Schulbildung und Studium

1982 - 1986	Volksschule Horitschon
1986 – 1990	Bundesrealgymnasium Oberpullendorf
1990 – 1994	Bundesoberstufenrealgymnasium unter Berücksichtigung der sportlichen Ausbildung in Wiener Neustadt
1994 – 1996	Studium Lehramt Leibeserziehung und Mathematik
1998 – 2008	Studium Sportwissenschaften mit Fächerkombination Prävention-Rekreation an der Universität Wien

Zusatzausbildungen

1994	Staatliche Ausbildung zum Skilanglauflehrwart
2000	Ausbildung zum Uniqa VitalCoach
2001	Ausbildung zum Sportunion Personal Wellnesstrainer
2005	Staatliche Ausbildung zum Gesundheits-Fitlehrwart

Berufliche Praxis

1996 – 1998	Präsenzdienst und MZ Charge (Leistungssportler) beim ÖBH
Seit 2000	Konditionstrainer der Österr. Tischtennis-Nationalmannschaft
Seit 2001	Vitalcoach der Uniqa Versicherungen AG
Seit 2005	Fitnesscoach der Raiffeisen Versicherung AG
2001 – 2006	Betreuung der Betriebssportgruppe von Philips Austria GmbH
2002 – 2006	Lehrbeauftragter am Universitäts-Sportinstitut Wien
Seit 2003	Kursleiter bei Aus- und Fortbildungen der Sportunion Österreich
2005 – 2006	Konditionstrainer der Austria Amateure beim Fußballklub Austria Wien
Seit 2007	Gewerbliche Tätigkeit als Referent und Trainer im Sport- und Gesundheitsbereich

ORIGINALITÄTSERKLÄRUNG

Ich erkläre hiermit, dass ich die vorliegende Diplomarbeit selbstständig verfasst habe und nur die ausgewiesenen Hilfsmittel verwendet haben. Diese Arbeit wurde daher weder an einer anderen Stelle eingereicht noch von anderen Personen vorgelegt.

Lanzenkirchen, am 17.11.2008

____

Claus Bader